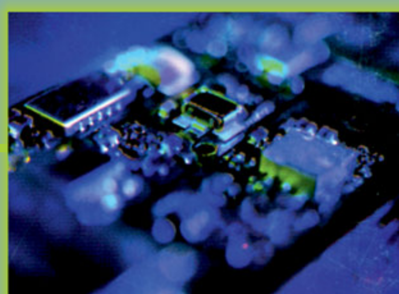
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Αναλογικά Ηλεκτρονικά

ΜΕΡΟΣ Β΄ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Γ΄ ΕΠΑ.Λ.



ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

- **Ν. Γ. Θεοφάνους,**
  Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών.
- **Χ. Δ. Κανελλόπουλος,**
  Φυσικός-Ραδιοηλεκτρολόγος, Ph. D., S. Illinois Univ. Σύμβουλος Π.Ι.
- **Σ. Α. Πακτίτης,**
  B. Sc. (Tech.), P. G.Dip., M. Phil., Ph.D., MIEE, Αναπλ. Καθηγητής ΤΕΙ Αθήνας

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

- Αναγνώστου Σταμάτιος, *Φυσικός-Ραδ/ηλεκ, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης.*
- Αθανάσιος Μουλάς, *Ηλεκτρονικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης.*
- Γεώργιος Μουστάκας, *Ηλεκτρονικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης.*

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

- Δήμητρα Μηλιώνη, Δημόσιος Υπάλληλος.

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

- Νταραρά Μαρία, Φιλόλογος, Καθηγήτρια Δ/θμιας Εκπαίδευσης

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ & ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ

ΣΥΝΘΕΣΗ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Επιστημονικός Υπεύθυνος του τομέα «ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ»,
Χατζηευστρατίου Ιγνάτιος
Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Ν. Γ. ΘΕΟΦΑΝΟΥΣ **Χ. Δ. ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ**

Σ. Α. ΠΑΚΤΙΤΗΣ

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

Μέρος Β′ Εργαστήριο

Γ΄ ΕΠΑ.Λ.

Ειδικότητα: Τεχνικών Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων,
Εγκαταστάσεων, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

– ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ –

– Πρόλογος –

Στο δεύτερο Τεύχος του βιβλίου δίνονται οι εργαστηριακές ασκήσεις που θα πραγματοποιήσει ο σπουδαστής για να εμπεδώσει στην πράξη τη θεωρία του πρώτου Τεύχους.

Πριν να πραγματοποιήσει την κάθε εργαστηριακή άσκηση πρέπει να μελετήσει πάλι καλά τη θεωρία της ανατρέχοντας στο πρώτο Τεύχος του βιβλίου.

Οι συγγραφείς

Η Τεχνική Έκθεση

Σε αυτό το σύντομο κείμενο δίνουμε μερικούς βασικούς κανόνες για το πώς γράφεται και παρουσιάζεται η τεχνική έκθεση της εργαστηριακής σας άσκησης, πράγμα που είναι βασικός παράγοντας για να κάνετε σωστή εργασία στο εργαστήριο.

Ενημερωθείτε πολύ καλά για το σκοπό του πειράματος που πρόκειται να κάνετε. Αυτό σημαίνει ότι έχετε **μελετήσει πολύ καλά** το θεωρητικό μέρος της άσκησης πριν την κάνετε. Μη βασίζεστε μόνο στις περιληπτικές πληροφορίες που θα βρείτε - τις περισσότερες φορές - στο εργαστηριακό σας βιβλίο. Ανατρέξτε και στο θεωρητικό μέρος του βιβλίου σας ή σε οποιοδήποτε κατάλληλο βιβλίο που πραγματεύεται σωστά το θέμα.

Ένας καλός τρόπος για να οργανώσετε τις μετρήσεις του πειράματος είναι να έχετε δύο τετράδια σημειώσεων· ένα για να γράφετε τις μετρήσεις που θα παίρνετε στο εργαστήριο κι ένα άλλο, το **επίσημο**, που θα δίνετε στον υπεύθυνο του εργαστηρίου το οποίο βαθμολογείται και σας επιστρέφεται.

Η παράδοση της τεχνικής έκθεσης κάθε εργαστηριακής άσκησης θα γίνεται **αμέσως** κατά την προσέλευσή σας για την επόμενη άσκηση.

Κάθε μαθητής οφείλει να ξέρει καλά το θέμα της άσκησης, γιατί εξετάζεται και βαθμολογείται σε κάθε άσκηση από τον υπεύθυνο του εργαστηρίου.

Σχεδιάστε με προσοχή κάθε **κύκλωμα** που χρησιμοποιείτε. Βεβαιωθείτε ότι κάνετε σωστά τη συνδεσμολογία. Σφάλματα συνδεσμολογίας έχουν περάσει απαρατήρητα και οι μαθητές έχουν πάρει «σωστές» μετρήσεις με εσφαλμένες συνδεσμολογίες και όργανα!

Οι συσκευές που χρησιμοποιείτε είναι συχνά διαφορετικές από αυτές των άλλων μαθητών και μπορεί έτσι να έχετε διαφορετικά αποτελέσματα. Π.χ. μπορείτε να ξέρετε την επίδραση που έχει ένα βολτόμετρο όταν συνδεθεί στο συλλέκτη ενός τρανζίστορ; Επίσης, ποια είναι η αντίσταση εισόδου ενός παλμογράφου που χρησιμοποιείτε. Ακόμα ποια επίδραση θα έχει η χωρητικότητα εισόδου του σε έναν ταλαντωτή του οποίου παρατηρείτε την κυματομορφή;

Όταν γράφετε την τεχνική έκθεση, αναφέρατε κατ' αρχή το σκοπό της, τις συσκευές που χρησιμοποιήσατε, τον κατασκευαστή της, καθώς και τον αύξοντα αριθμό της συσκευής.

Μετά από μια σύντομη θεωρητική περιγραφή της άσκησης, θα πρέπει να δώσετε λεπτομερώς τις μετρήσεις σας, τα αποτελέσματα και τις καμπύλες.

Τέλος, θα πρέπει να κλείσετε την τεχνική σας έκθεση με μια σύντομη σύνοψη της άσκησης με τα συμπεράσματα που βγάλατε από το πείραμα.

Σύστημα Πινακίδων Breadboard

Όλες οι εργαστηριακές ασκήσεις γίνονται πάνω σε πινακίδες breadboard.

Ο καθηγητής σας θα σας ενημερώσει για τα χαρακτηριστικά και τη χρήση των breadboard.

Πριν αρχίσετε ένα πείραμα σας συνιστούμε να κάνετε τα εξής:

1. Σχεδιάστε εκ των προτέρων το πείραμά σας. Θα πρέπει να γνωρίζετε λίγο-πολύ τα αποτελέσματα που περιμένετε.
2. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμά σας. Ελέγξτε το για τη σωστή του συνδεσμολογία.
3. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με τάση παροχής.
4. Όταν τελειώσετε το πείραμα, αποσυνδέστε πρώτα την τάση παροχής πριν βγάλετε τα εξαρτήματα από το breadboard.

Τα εργαλεία που θα χρησιμοποιήσετε για τα πειράματά σας είναι τα εξής:

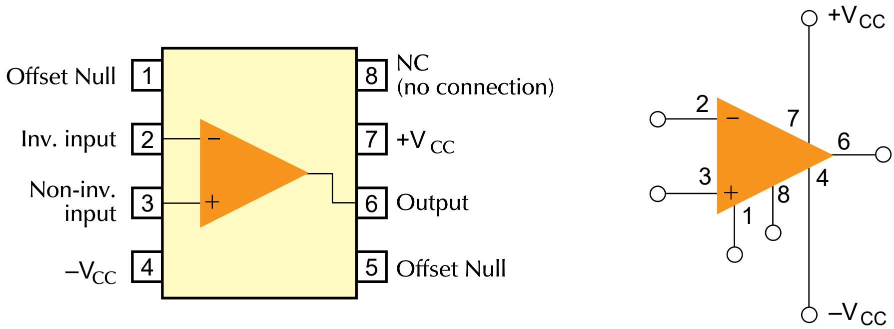
1. Μυτοτσίμπιδο.
2. Γδάρτης καλωδίων.
3. Μικρό κατσαβίδι.
4. Εξολκέας ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.
5. Καλώδια No.22, 24 ή 26, μονωμένα, μονόκλωνα.
6. Μπροσέλα.

- Οι καλωδιώσεις πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρές, για να μη συγκεντρώνουν θόρυβο.
- Ποτέ να μην εισάγετε γυρισμένα καλώδια, αλλά μόνο ίσια, στις τρύπες του breadboard επειδή καταστρέφονται.

Συσκευές και Υλικά:

Για τα πειράματά σας θα χρειαστείτε έναν παλμογράφο δύο καναλιών και μια γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων ή γεννήτρια κυματομορφών, πολλά τρανζίστορ, πολλούς ΤΕ 741, αντιστάσεις και πυκνωτές. Σε κάθε άσκηση δίνεται ό,τι άλλο χρειάζεται.

Το πιο κάτω σχήμα δείχνει τους ακροδέκτες του ΤΕ 741.



Ακροδέκτες του ΤΕ 741.

Άσκηση 1η

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Ε1.1 Σκοπός

Σκοπός του πειράματος αυτού είναι η εκμάθηση της λήψης μετρήσεων και υπολογισμού των σφαλμάτων τάσεων με πολύμετρο (VOM), με παλμογράφο (CRO) και με ηλεκτρονικό (ΗΒ) ή ψηφιακό βολτόμετρο (ΨΒ).
Να υπολογίσουμε και να κατασκευάσουμε επίσης έναν υποβιβαστή dc ενός ηλεκτρονικού οργάνου μέτρησης.

Ε1.2 Συσκευές

1. Διαιρέτης dc τάσης.
2. Όργανα VOM, CRO, ΗΒ ή ΨΒ.

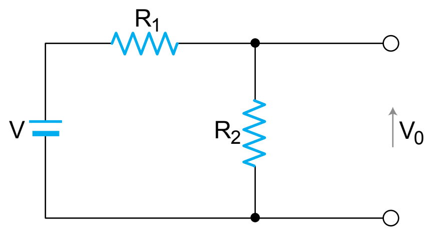
Ε1.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

1ο Μέρος
Ένα από τα βασικά σημεία που πρέπει να προσέχουμε κατά τη μέτρηση τάσεων είναι η **φόρτωση της πηγής.** Κάθε στοιχείο που τραβάει ρεύμα από μια πηγή τάσης ονομάζεται **φορτίο ή φόρτος αυτής.** Όργανα μετρήσεων όπως τα VOM, CRO, ΗΒ και ΨΒ αποτελούν σημαντικό φορτίο για την πηγή στην οποία θα κάνουμε μέτρηση.
Το σφάλμα μέτρησης βρίσκεται από τη σχέση:

$$\varepsilon\% = \frac{V_{πραγ} - V_{μετρ}}{V_{πραγ}} \times 100 \qquad \text{(E1-1)}$$

όπου
$V_{πραγ}$ η πραγματική τιμή της τάσης που πρόκειται να μετρήσουμε
$V_{μετρ}$ η τιμή της τάσης μετρούμενη από το όργανο.

Το Σχ.Ε1.1 δείχνει το διαιρέτη dc τάσης.



Σχ.Ε1.1. *Υποβιβαστής dc τάσης.*

Η πραγματική τιμή της υπό μέτρηση τάσης, θα είναι:

$$V_{πραγ} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \quad (E1.2)$$

Η μετρούμενη τιμή εξαρτάται από την εσωτερική αντίσταση του οργάνου. Για τα VOM, η **εσωτερική αντίσταση** του οργάνου βρίσκεται από τη σχέση:

$$r_m = S_{dc} \times V_{fs} \quad (E1.3)$$

όπου

r_m η εσωτερική αντίσταση του οργάνου.

S_{dc} η ευαισθησία του οργάνου στο dc, η οποία αναγράφεται στην πρόσοψή του.

V_{fs} Η μέγιστη τιμή της κλίμακας στην οποία εργαζόμαστε.

Για το ΗΒ, είτε αναλογικό είτε ψηφιακό, καθώς και για τον CRO, η εσωτερική του αντίσταση δίνεται από τον κατασκευαστή στην πρόσοψη του οργάνου.

Η θεωρητική τιμή της μετρούμενης τάσης είναι:

$$V_{μετρ} = \frac{R_2'}{R_1 + R_2'} V \quad (E1.4)$$

με

$$R_2' = R_2 \, // \, r_m \quad (E1.5)$$

όπου r_m είναι η εσωτερική αντίσταση του οργάνου μέτρησης τάσης (VOM, CRO, HB ή ΨΒ).

Από τις Εξ.(Ε1.4), (Ε1.2) και (Ε1.1) υπολογίζουμε θεωρητικά το σφάλμα μέτρησης.

2ο Μέρος

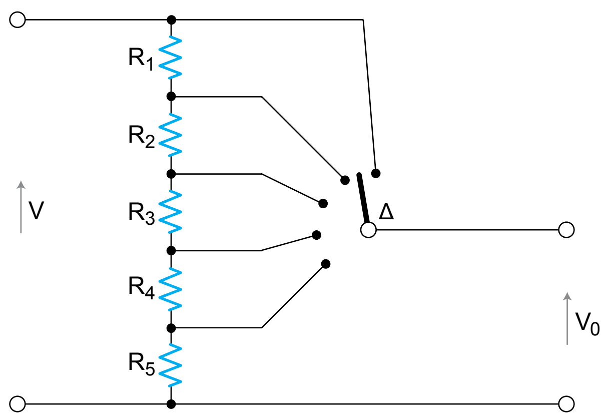
Οποιοδήποτε όργανο μέτρησης dc τάσης (VOM, CRO, HB, ΨB) έχει στην είσοδό του έναν **υποβιβαστή** dc (Σχ.Ε1.2) για να έχει τη δυνατότητα να μετράει σε διάφορες περιοχές τιμών. Με δεδομένη τη συνολική αντίσταση R_0 ($R_1 + R_2 + ... + R_5$) και τις περιοχές του οργάνου μπορούμε να υπολογίσουμε τον κατάλληλο υποβιβαστή. Στο δεύτερο μέρος της εκτέλεσης της άσκησης θα υπολογίσουμε έναν τέτοιο υποβιβαστή.

Ε1.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1ο Μέρος

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε1.1 με τις εξής τιμές:

$V = 12V$, $R_1 = 27\ K\Omega$, $R_2 = 56\ K\Omega$



Σχ.Ε1.2. *Υποβιβαστής dc του οργάνου.*

2. α) Χρησιμοποιώντας VOM, μετρήστε την τάση $V_{0μετ}$.
β) Υπολογίστε το πειραματικό σφάλμα μέτρησης.
γ) Υπολογίστε θεωρητικά το σφάλμα μέτρησης.
δ) Συγκρίνετε το πειραματικό με το θεωρητικό σφάλμα μέτρησης και δικαιολογήστε το αποτέλεσμα αν υπάρχουν αποκλίσεις.

3. α) Χρησιμοποιώντας CRO, μετρήστε την τάση $V_{0μετ}$ στην έξοδο του διαιρέτη.
β) Υπολογίστε το σφάλμα μέτρησης.

γ) Υπολογίστε θεωρητικά το σφάλμα μέτρησης.

δ) Συγκρίνετε το σφάλμα στις δυο περιπτώσεις και δικαιολογήστε το αποτέλεσμα αν υπάρχουν αποκλίσεις.

4. α) Χρησιμοποιώντας ΗΒ, μετρήστε την τάση V_0 στην έξοδο του διαιρέτη.

β) Υπολογίστε το σφάλμα μέτρησης.

γ) Υπολογίστε θεωρητικά το σφάλμα μέτρησης.

δ) Συγκρίνετε το σφάλμα μέτρησης και στις δυο περιπτώσεις και δικαιολογήστε το αποτέλεσμα αν υπάρχουν αποκλίσεις.

5. Γράψτε τα συμπεράσματά σας.

2ο Μέρος

6. Αν η είσοδος του υποβιβαστή του Σχ.Ε1.2 είναι 10 V και το άθροισμα R_0 των αντιστάσεων είναι 1 ΜΩ, υπολογίστε τον υποβιβαστή για τις περιοχές 10 V, 5 V, 2 V και 1 V (θέσεις 1,2,..., 5, αντίστοιχα).

7. Υπολογίστε το σφάλμα σε κάθε περίπτωση χρησιμοποιώντας ΗΒ ή ΨΒ. Μετρήστε τις τάσεις του.

8. Γράψτε τα συμπεράσματά σας.

Άσκηση 2η

ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

Ε2.1 Σκοπός

α) Η εκμάθηση της χρήσης του παλμογράφου (CRO).

β) Να χαράξετε πειραματικά και θεωρητικά την καμπύλη απόκρισης και φάσης ενός απλού δικτυώματος RC.

Ε2.2 Συσκευές

1. Πινακίδα breadboard.

2. Γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων (Χ.Σ.).

3. Παλμογράφος διπλής δέσμης.

Ε2.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο παλμογράφος είναι ίσως το πιο σημαντικό όργανο του εργαστηρίου. Το Σχ. Ε2.1 δείχνει το δομικό του διάγραμμα. Αποτελείται από έναν **ενισχυτή κατακόρυφων πλακιδίων** και από έναν **οριζόντιων πλακιδίων** τα οποία συνδέονται με τα κατακόρυφα και οριζόντια πλακίδια του καθοδικού σωλήνα (CRT). Επίσης περιλαμβάνει μια γεννήτρια σάρωσης, η οποία δίνει γραμμική τάση σάρωσης και ένα **τροφοδοτικό υψηλής τάσης,** το οποίο τροφοδοτεί τον CRT. Υπάρχει άλλο ένα **τροφοδοτικό χαμηλής τάσης** (δε φαίνεται στο δομικό διάγραμμα) το οποίο τροφοδοτεί όλα τα υπόλοιπα κυκλώματα.

Το υπό μέτρηση σήμα εφαρμόζεται στην είσοδο (Y) του ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης (οριζοντίων πλακιδίων). Ο ενισχυτής αυτός ενισχύει το πλάτος του υπό μέτρηση σήματος, ώστε να προκαλέσει απόκλιση της ηλεκτρονικής δέσμης του ηλεκτρονικού πυροβόλου του CRT. Ένα μέρος του ενισχυμένου σήματος χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός παλμού που διεγείρει τη γεννήτρια σάρωσης, ώστε να συγχρονίζει τη γεννήτρια σάρωσης με την κυματομορφή εισόδου για να είναι η κυματομορφή σταθερή (να μην κινείται στην οθόνη). Η έξοδος της γεννήτριας σάρωσης ενισχύεται και εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης.

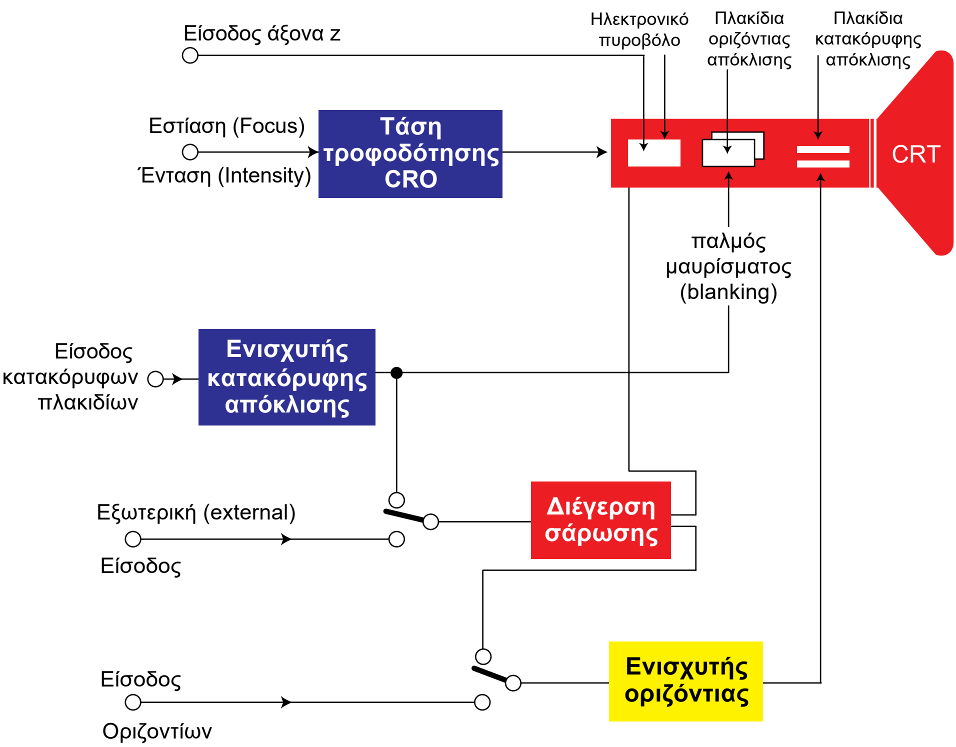
Η γεννήτρια σάρωσης δίνει επίσης στο ηλεκτρονικό πυροβόλο του CRT έναν ειδικό παλμό που ″μαυρίζει″ την ηλεκτρονική δέσμη κατά τη διάρκεια της επιστροφής της δέσμης στην αρχή εκκίνησής της, έτσι ώστε η κηλίδα να επιστρέφει χωρίς να αφήνει ίχνος.

Μερικές φορές είναι πρόσφορο να διεγείρουμε τη γεννήτρια σάρωσης με εξωτερικό σήμα (external trigger). Αυτό είναι απαραίτητο όταν πρέπει να αρχίσει η σάρωση πριν το πλάτος του σήματος των κατακόρυφων πλακιδίων γίνει μεγάλο.

Όταν δεν χρειαζόμαστε τη γραμμική σάρωση, όπως στην περίπτωση των σχημάτων Lissajous (βλέπε πιο κάτω), η είσοδος του ενισχυτή των οριζοντίων πλακιδίων συνδέεται στους ακροδέκτες των οριζοντίων πλακιδίων και έτσι μπορούμε να τροφοδοτήσουμε με εξωτερικές κυματομορφές τόσο τα οριζόντια όσο και τα κατακόρυφα πλακίδια.

Επίσης, είναι δυνατόν να διαμορφώνουμε την ένταση της ηλεκτρονικής δέσμης μεταβάλλοντας το δυναμικό της εισόδου του πλέγματος του ηλεκτρονικού πυροβόλου. Η είσοδος αυτή ονομάζεται είσοδος άξονα z.

Στους ενισχυτές κατακόρυφης και οριζόντιας απόκλισης υπάρχουν διαιρέτες τάσης για να ρυθμίζουμε το βαθμό της απόκλισης της κηλίδας στην οθόνη.

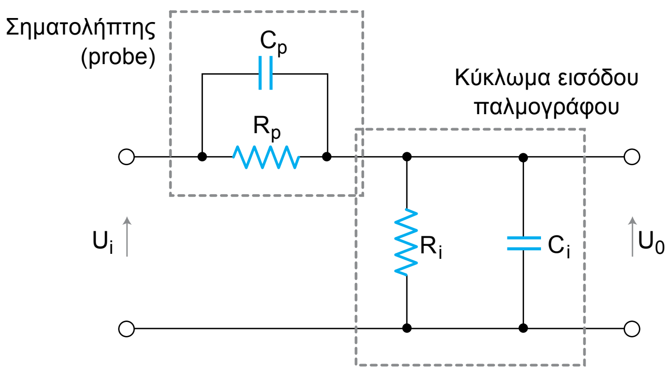


Σχ.Ε2.1. *Δομικό διάγραμμα παλμογράφου.*

Η τάση τροφοδοσίας του CRT σχεδιάζεται, ώστε η dc τάση τροφοδοσίας των στοιχείων του ηλεκτρονικού πυροβόλου να μπορεί να ρυθμίζεται για να επιτύχουμε άριστη εστίαση (focus) και ένταση (intensity) του ίχνους της κηλίδας. Επίσης, έχουμε τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε τη θέση της κηλίδας του παλμογράφου αλλάζοντας τις dc τάσεις πόλωσης τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων πλακιδίων.

Η ικανότητα του παλμογράφου να απεικονίζει σήματα πολύ υψηλών συχνοτήτων περιορίζεται από την υψηλή συχνότητα αποκοπής (ή μισής ισχύος) του ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης και από την απόδοση της φωτεινότητας του CRT σε μεγάλες ταχύτητες κίνησης της κηλίδας.

Για να παρατηρήσουμε ένα σήμα με τον CRO υπάρχει ένα καλώδιο (θωρακισμένο) που συνδέεται στην είσοδο του ενισχυτή κατακόρυφων πλακιδίων και ονομάζεται σηματολήπτης (probe). Υπάρχουν σηματολήπτες χωρίς υποβιβασμό (1:1) και με υποβιβασμό 1:10 και 1:100. Το Σχ.Ε2.2 δείχνει τη μορφή ενός σηματολήπτη.



Σχ.Ε2.2. *Βασική μορφή σηματολήπτη (probe).*

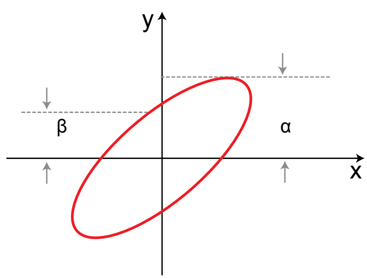
Η σχετικά μεγάλη αντίσταση εισόδου (τυπικές τιμές, R_i=1 MΩ, C_i=20 pF) του παλμογράφου και η πρακτικά χωρίς αδράνεια κίνηση της ηλεκτρονικής δέσμης κάνει τον παλμογράφο μια από τις πιο ˝έξυπνες˝ ηλεκτρονικές συσκευές.

Με τον παλμογράφο μπορούμε να μετρήσουμε dc και ac τάσεις, φάση, παραμόρφωση, συχνότητα, βαθμό διαμόρφωσης, κ.α.

Πριν κάνουμε μετρήσεις με τον παλμογράφο, πρέπει να τον βαθμονομήσουμε. Η βαθμονόμηση επιτυγχάνεται συνδέοντας το σηματολήπτη (probe) στην εσωτερική γεννήτρια τετραγωνικών παλμών (οι ακροδέκτες της είναι στην πρόσοψη του παλμογράφου) και ρυθμίζοντας το αντίστοιχο κουμπί, ώστε να έχουμε σωστή τετραγωνική κυματομορφή στην οθόνη (συνήθως το σήμα βάσης είναι 1 V, 1 kHz). Επίσης θα πρέπει να προσέχουμε τα κουμπιά ελέγχου των ενισχυτών κατακόρυφης απόκλισης και σάρωσης να είναι στη θέση βαθμονόμησης (calibr.).

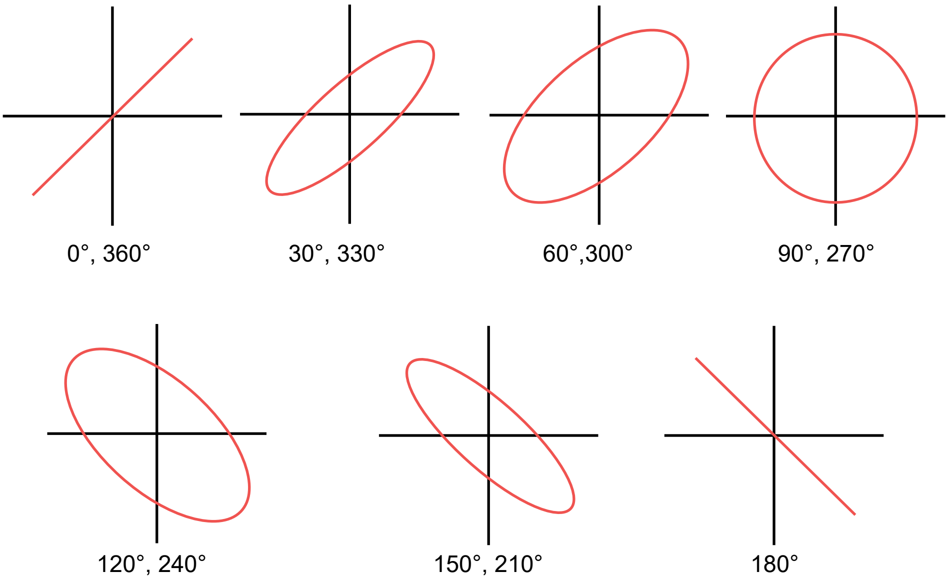
Για να μετρήσουμε τη **διαφορά φάσης Φ** ενός ημιτονικού σήματος ως προς ένα άλλο, τα εφαρμόζουμε αντίστοιχα στις εισόδους κατακόρυφης (Y) και οριζόντιας (X) απόκλισης του παλμογράφου με τη **σάρωση εκτός.** Τότε, γενικά, σχηματίζεται η έλλειψη του Σχ.Ε2.3 (εικόνα Lissajous). Για τον προσδιορισμό της Φ μετράμε τα μήκη α και β επί της οθόνης και χρησιμο-ποιούμε τον τύπο

$$\Phi = \sin^{-1}\frac{\beta}{\alpha} \tag{E2.1}$$



Σχ.Ε2.3. *Μέτρηση φάσης με τη μέθοδο Lissajous.*

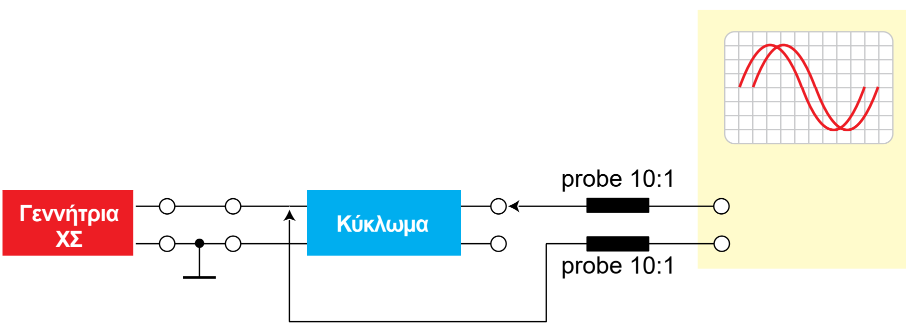
Η μέθοδος αυτή ονομάζεται μέθοδος **Lissajous**. Το Σχ. Ε2.4 δείχνει τη φάση για διάφορα σχήματα Lissajous.



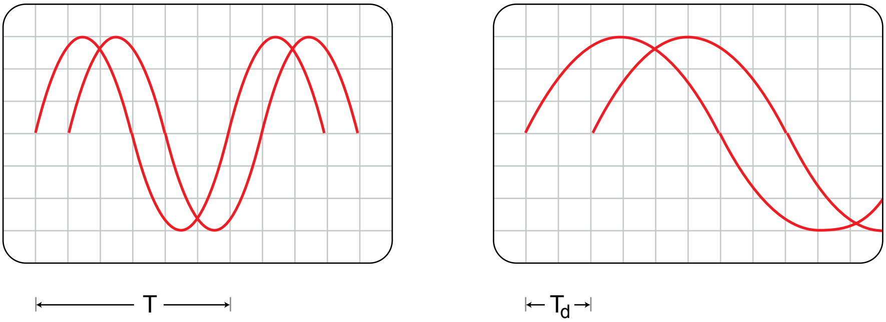
Σχ.Ε2.4. *Φάσεις για διάφορα σχήματα Lissajous.*

Η δεύτερη μέθοδος μέτρησης της φάσης πραγματοποιείται με τη **σάρωση εντός** στη θέση **altr** και γίνεται όπως δείχνει το Σχ.Ε2.5. Η μέτρηση γίνεται σύμφωνα με το Σχ.Ε2.6 και χρησιμοποιείται η εξίσωση

$$\Phi = \frac{T_d}{T} \times 360^\circ \qquad \text{(E2.2)}$$



Σχ.Ε2.5. *Μέτρηση φάσης κυκλώματος με τη σάρωση εντός.*



Σχ.Ε2.6. *Μέτρηση φάσης με τη σάρωση εκτός.*

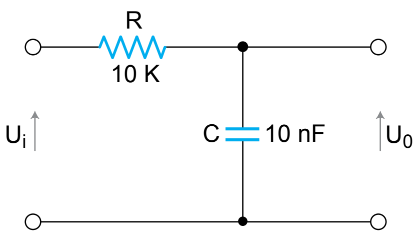
Το Σχ.Ε2.7 δείχνει το δικτύωμα RC του οποίου θα μετρήσουμε το πλάτος και τη φάση του. Αποδεικνύεται ότι το μέτρο της συνάρτησης μεταφοράς του, δηλ. ο λόγος της τάσης εξόδου V_o ως προς την τάση εισόδου V_i, δίνεται από τη σχέση:

$$\left|H(j\omega)\right| = \left|\frac{V_0}{V_i}\right| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_1}\right)^2}} \tag{E2.3}$$

άρα, σε dB

$$A = 20\log\left|H(j\omega)\right| = 20\log\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_1}\right)^2}}\,\text{dB} \tag{E2.4}$$

όπου f_1 είναι η συχνότητα μισής ισχύος ή συχνότητα αποκοπής του δικτυώματος (το οποίο είναι παθητικό φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων) και f είναι η συχνότητα της γεννήτριας χαμηλών συχνοτήτων που το διεγείρει.



Σχ.Ε2.7. *Φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων για τη μέτρηση του μέτρου και της φάσης του.*

Η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου δίνεται από τη σχέση:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC} \tag{E2.5}$$

Όταν η $f = f_1$ η Εξ.(Ε2.4) γίνεται:

$$A = 20 \cdot \log\frac{1}{\sqrt{2}} = 20 \cdot \log 0.707 \cong -3\,\mathrm{dB} \tag{E2.6}$$

(Έτσι ορίζεται η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου, δηλ. η συχνότητα εκείνη που η τάση εξόδου πέφτει στα 0.707 της τάσης εισόδου δηλ. -3 dB κάτω από τη μέγιστη τάση εξόδου).

Η φάση δια μέσου του δικτυώματος δίνεται από τη σχέση:

$$\Phi = \tan^{-1}\left(\frac{f}{f_1}\right) \tag{E2.7}$$

Ε2.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Μετρήστε διάφορες dc τάσεις που υπάρχουν στο εργαστήριο με τη βοήθεια του CRO (ο παλμογράφος να είναι στη θέση dc).
2. Μετρήστε διάφορες ac τάσεις που υπάρχουν στο εργαστήριο ή διάφορες τάσεις της γεννήτριας ακουστικών συχνοτήτων (ο παλμογράφος να είναι στη θέση ac).
3. Μετρήστε διάφορες συχνότητες της γεννήτριας Χ.Σ.
4. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε2.7 με R = 10 KΩ και C = 10nF.
5. Στην είσοδο του κυκλώματος συνδεσμολογήστε γεννήτρια Χ.Σ. και τροφοδοτήστε το με ημιτονικό σήμα πλάτους v_i = 5 V p-p.
6. Διατηρώντας το σήμα αυτό σταθερό σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων μεταβάλετε τη συχνότητα εισόδου, μέχρις ότου το σήμα εξόδου γίνει ίσο με 0.707 του σήματος εισόδου. Σημειώστε τη συχνότητα αυτή (συχνότητα μισής ισχύος)

   $f1$ = …. Hz

7. Μεταβάλετε τη συχνότητα εισόδου, διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.

8. Στο ίδιο ημιλογαριθμικό χαρτί σχεδιάστε την καμπύλη απόκρισης σε dB, δηλ.

$$A\left(f\right) = 20\log\left(\frac{V_0}{V_i}\right)\text{dB}$$

και την καμπύλη φάσης Φ (f).

9. Από τις καμπύλες αυτές βρείτε τη συχνότητα f_1, καθώς και τη φάση στη συχνότητα αυτή.

10. Υπολογίστε και σχεδιάστε θεωρητικά την καμπύλη απόκρισης και την καμπύλη φάσης και σχεδιάστε τες στο ίδιο ημι-λογ χαρτί των πειραματικών μετρήσεων.

11. Υπολογίστε θεωρητικά τη συχνότητα αποκοπής.

12. Γράψτε τα συμπεράσματά σας.

v_i = 5 V p-p

f(KHz)	V_0/V_i	φ°
0.1		
0.3		
0.5		
0.7		
1.0		
1.4		
1.5		
1.6		
1.7		
2.0		
5.0		
7.0		
10.0		
16.0		

Άσκηση 3η

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ CE

Ε3.1 Σκοπός

α) Να μελετηθεί η επίδραση του πυκνωτή σύζευξης στην καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή.

β) Να μελετηθεί η επίδραση της ενδοχωρητικότητας της επόμενης βαθμίδας στην καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή.

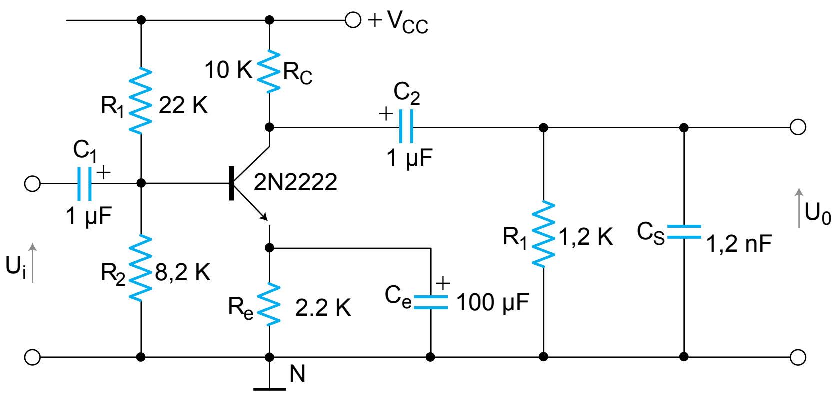
β) Να μελετηθεί η επίδραση του πυκνωτή εκπομπού στην καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή.

Ε3.2 Συσκευές

1. Breadboard
2. Γεννήτρια Χ.Σ.
3. Παλμογράφος διπλής δέσμης.

Ε3.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε3.1 δείχνει έναν ενισχυτή τρανζίστορ μιας βαθμίδας CE.



Σχ.Ε3.1. *Ενισχυτής CE μιας βαθμίδας.*

Η καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή αυτού διακρίνεται σε τρεις περιοχές. Τη μέση περιοχή συχνοτήτων, των χαμηλών συχνοτήτων και των υψηλών συχνοτήτων. Η ενίσχυση ή η απολαβή τάσης A_0 στη μέση περιοχή καθορίζεται μόνο από τις ωμικές αντιστάσεις του κυκλώματος και δίνεται από τη σχέση:

$$A_0 = \frac{V_0}{V_i} = -\frac{h_{fe}R_L}{h_{ie}} \tag{A3.1}$$

όπου,

V_i και V_0 είναι τα πλάτη του σήματος τάσης στην είσοδο και την έξοδο αντίστοιχα και,

$$R_L = \frac{R_c R_i}{R_c + R_i} \tag{A3.2}$$

Στην περιοχή χαμηλών συχνοτήτων η ενίσχυση A_1 δίνεται από τη σχέση:

$$A_1 = \frac{A_0}{1 - j\frac{f_1}{f}} \tag{A3.3}$$

όπου,

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\left(R_c + R_i\right)C_2} \tag{A3.3}$$

είναι η *χαμηλή συχνότητα αποκοπής* ή *μισής ισχύος*.

Στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων η ενίσχυση A_2 δίνεται από τη σχέση:

$$A_2 = \frac{A_0}{1 + j\frac{f}{f_2}} \tag{A3.4}$$

όπου,

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_L C_s} \tag{E3.5}$$

είναι η *υψηλή συχνότητα αποκοπής* ή *μισής ισχύος*. Ο πυκνωτής C_s είναι η ενδοχωρητικότητα της επόμενης βαθμίδας μαζί με τις κατανεμημένες χωρητικότητες της καλωδίωσης.

Επίδραση του πυκνωτή εκπομπού

Η αντίσταση X_{CE} που παρουσιάζει ο πυκνωτής C_E πρέπει να είναι πολύ μικρότερη από την τιμή της αντίστασης R_E στη χαμηλότερη συχνότητα που θέλουμε να ενισχύει ο ενισχυτής μας. Μια καλή παραδοχή είναι η $X_{CE} = R_E / 10$.

Ο υπολογισμός του πυκνωτή C_E γίνεται από τη σχέση:

$$C_E = \frac{h_{fe}+1}{2\pi f_1 \left(R_B + h_{ie}\right)} \tag{E3.6}$$

όπου $R_B = R_1 // R_2$.

Η τιμή του πυκνωτή αυτού επιδρά στη χαμηλή συχνότητα αποκοπής του ενισχυτή.

Ε3.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ. Ε3.1. χωρίς τον C_s.

2. Βάλτε τον παλμογράφο στη θέση dc (ο παλμογράφος να είναι βαθμονομημένος).

3. Μετρήστε τις πιο κάτω d_C τάσεις και καταγράψτε τις τιμές τους:

V_{EN}=...V, V_{BN}=...V, V_{CN}=...V

4. Συνδέστε στην είσοδο γεννήτρια Χ.Σ. συχνότητας 1 kHz και τιμή τάσης v_i=50 mV.

5. Σχεδιάστε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου στο ειδικό χαρτί και μετρήστε με τον παλμογράφο την τάση

v_0=...V

6. Υπολογίστε την ενίσχυση του ενισχυτή του βήματος 5 χρησιμοποιώντας τον τύπο

$$A = 20 \cdot \log\left(\frac{v_0}{v_i}\right) \mathrm{dB}$$

7. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας, διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή και ίση με εκείνη του βήματος 4 αριστερά και δεξιά από τη συχνότητα 1 kHz μέχρις ότου η τάση εξόδου γίνει τα 0.707 της μέγιστης τάσης του βήματος 5. Σημειώστε τις συχνότητες αυτές:

f_1 =... Hz, f_2 =... kHz

8. Με τάση εισόδου εκείνη του βήματος 4, και διατηρώντας τη σταθερή, μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα

f(Hz)	vo (V)	vo/vi	A(dB)
100			
300			
500			
700			
1 K			
3 K			
5 K			
10 K			
30 K			
50 K			
100 K			
300 K			
1 M			

9. Αλλάξτε τους πυκνωτές C_1 και C_2 από 1 μF σε 100 nF και επαναλάβατε το βήμα 8.
10. Συνδέστε τον πυκνωτή C_s και επαναλάβετε το βήμα 8.
11. Αποσυνδέστε τον πυκνωτή C_E και επαναλάβετε το βήμα 8.
12. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί σχεδιάστε και τις καμπύλες απόκρισης που πήρατε στα βήματα 8, 9, 10 και 11 με διαφορετικό σύμβολο για κάθε ομάδα μετρήσεων (π.χ. x, o ● κτλ.).
13. Από τις καμπύλες που χαράξατε σημειώστε την ενίσχυση A_o, και τις συχνότητες μισής ισχύος για όλες τις περιπτώσεις.

Ε3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Άσκηση 4η

ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΜΕ ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ε4.1 Σκοπός

Η μελέτη της συμπεριφοράς του διαφορικού ενισχυτή, ως αντιστροφέας και ως διαφορικός ενισχυτής με μία αντίσταση φόρτου. Επίσης, θα προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή και θα μετρηθεί ο λόγος απόρριψης κοινού τρόπου (CMRR).

Ε4.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. Μεταβλητή πηγή αναφοράς.
3. CRO (παλμογράφος) διπλής δέσμης.
4. Ηλεκτρονικό βολτόμετρο (ΗΒ) ή ψηφιακό βολτόμετρο (ΨΒ).

Ε4.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το μεγάλο πλεονέκτημα του διαφορικού ενισχυτή, Σχ.Ε4.1, είναι ότι η θερμική επίδραση υποβιβάζεται αισθητά στην έξοδό του, επειδή οι αλλαγές των αντίστοιχων παραμέτρων των δυο βαθμίδων τείνουν να αλληλοεξουδετερωθούν.

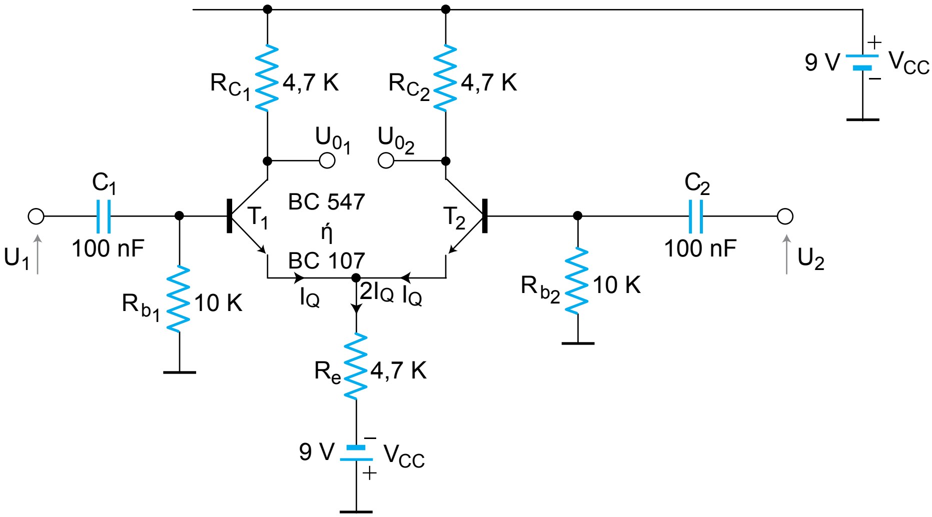
Ο ενισχυτής αυτός έχει δύο ενισχύσεις, μια που ονομάζεται ενίσχυση ή απολαβή **κοινού τρόπου** με απολαβή τάσης A_{cm}, η οποία εκδηλώνεται όταν οι δυο είσοδοι είναι συνδεδεμένες στο ίδιο σήμα $v_1 = v_2 = v_{cm}$, και μία ενίσχυση που ονομάζεται **διαφορική ενίσχυση** A_d η οποία εκδηλώνεται, όταν στις δύο εισόδους εφαρμόζεται διαφορετικό σήμα.

Η ενίσχυση κοινού τρόπου αποδεικνύεται ότι είναι:

$$A_{cm} = \frac{v_0}{v_{cm}} = -\frac{R_{C1}}{2R_E} \qquad (E4.1)$$

Η διαφορική ενίσχυση του ενισχυτή αποδεικνύεται ότι είναι:

$$A_d = \frac{v_0}{v_1 - v_2} = \frac{g_m R_{C1}}{2} \qquad (E4.2)$$



Σχ.Ε4.1. *Διαφορικός ενισχυτής με BJT με διακριτά στοιχεία.*

Για τη διαγωγιμότητα g_m έχουμε:

$$g_m = 40\, I_e \tag{E4.3}$$

Το g_m εκφράζεται με mA/V ή mS και η R_{C1} σε kΩ, το ρεύμα I_e σε mA.
Το μέγεθος που μας επιτρέπει να καθορίσουμε την ʺποιότηταʺ του διαφορικού ενισχυτή είναι ο **λόγος κοινής απόρριψης** CMRR (Common Mode Rejection Ratio) ο οποίος ορίζεται από τη σχέση:

$$CMRR = 20\log\left(\frac{A_d}{A_{cm}}\right) \tag{E4.4}$$

Αποδεικνύεται, αν αντικαταστήσουμε τις Εξ. (Ε4.1) και (Ε4.2), ότι η παράμετρος αυτή είναι ίση με

$$CMRR = 20\log\left(\frac{g_m R_e}{2}\right) dB \tag{E4.5}$$

Ε4.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Κατασκευάστε στο Boardboard (BB) τον ενισχυτή του Σχ.Ε4.1, χωρίς τους πυκνωτές σύζευξης C_1 και C_2 και τις αντιστάσεις των βάσεων.

Συνδέστε την είσοδο v_2 σε dc τάση +5 V και την είσοδο v_1 σε μια μεταβλητή τάση αναφοράς. Ο ενισχυτής με τη μορφή αυτή λειτουργεί στην κατάσταση ″ισορροπίας″. Η τάση εξόδου είναι μεταξύ v_{01} και v_{02}, έτσι ώστε:

$$v_0 = v_{01} - v_{02} = A_1 v_1 - A_2 v_2$$

όπου A_1 και A_2 είναι οι ενισχύσεις που προκύπτουν από τα σήματα v_1 και v_2, αντίστοιχα.

2. Μετρήστε τις dc τάσεις v_{01} και v_{02} ως προς τη γη.

3. Μετρήστε με CRO την τάση μεταξύ v_{01} και v_{02}. Αν τα τρανζίστορ είναι ακριβώς ίδια, ο παλμογράφος θα δείξει 0 V. *Αν υπάρχει απόκλιση σημειώστε την.*

4. Ρυθμίστε την τάση v_1 ώστε να γίνει ίδια με την τάση v_2 (+ 5 V) και μετρήστε την τάση με HB ή ΨΒ.

5. Ρυθμίστε την τάση v_1 μέχρις ότου το σήμα εξόδου να γίνει 0 V. Η διαφορά μεταξύ των τάσεων v_1 και v_2 (+ 5 V) είναι η αρχική **τάση αντιστάθμισης** (offset) του ενισχυτή και είναι συνάρτηση της διαφοράς της ενίσχυσης και της αγωγιμότητας των επαφών βάσης-εκπομπού των δύο τρανζίστορ. *Σημειώστε την αρχική τιμή της τάσης αντιστάθμισης.*

6. Πλησιάστε ένα αναμμένο κολλητήρι στο ένα τρανζίστορ και παρατηρήστε *τι συμβαίνει στο διαφορικό σήμα.* Δικαιολογήστε τη συμπεριφορά του ενισχυτή.

7. Συνδεσμολογήστε τους πυκνωτές C_1 και C_2 και τις αντιστάσεις των βάσεων. Βραχυκυκλώστε την είσοδο 2 με τη γη. Στην άλλη είσοδο συνδέστε γεννήτρια ημιτονικού σήματος συχνότητας 1 kHz και πλάτους 50 mV. Ο ενισχυτής είναι τώρα με τη συνδεσμολογία ″αναστροφής τάσης″. Μετρήστε τις τάσεις v_{01} και v_{02} ως προς γη.

8. Καταγράψτε το σήμα εισόδου και τα σήματα εξόδου καθώς και τη χρονική τους σχέση (διαφορά φάσης).

9. Βραχυκυκλώστε την R_{c1}, έτσι ώστε ο ενισχυτής να γίνει διαφορικός απλής εξόδου. Με τη μια είσοδο βραχυκυκλωμένη και με την άλλη διεγειρόμενη με σήμα εισόδου 1 kHz και πλάτους 40 mV, μετρήστε την ενίσχυση. *Σημειώστε την τιμή της διαφορικής ενίσχυσης A_d.*

10. Συνδέστε το σήμα εισόδου και στις δυο εισόδους ταυτόχρονα και σημειώστε την *τιμή της ενίσχυσης κοινού τρόπου (σήματος) A_{cm}.*

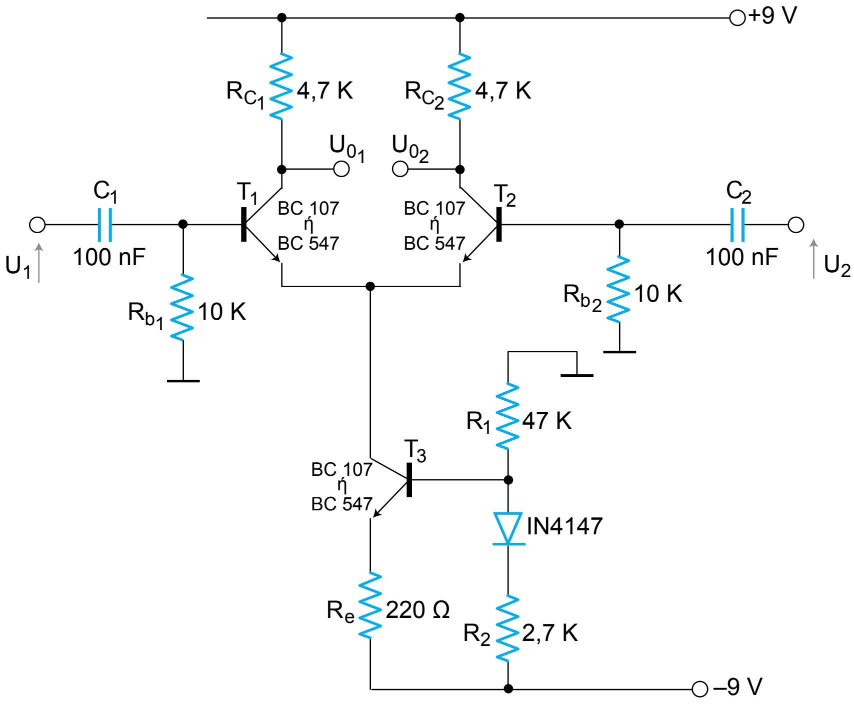
11. Υπολογίστε το λόγο κοινής απόρριψης CMRR.

12. Πάρτε μετρήσεις και σχεδιάστε σε ημι-λογαριθμικό χαρτί την καμπύλη απόκρισης του διαφορικού ενισχυτή της συνδεσμολογίας του βήματος 7.

13. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα διαφορικού ενισχυτή του Σχ.Ε4.2.

14. Επαναλάβετε τα βήματα 9 έως 11.

Ε4.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



Σχ.Ε4.2. *Διαφορικός ενισχυτής με BJT και γεννήτρια ρεύματος.*

Άσκηση 5η

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΝΑΣΥΖΕΥΞΗΣ R_E

Ε5.1 Σκοπός

Η μελέτη της επίδρασης της τιμής της αντίστασης ανασύζευξης R_E με πυκνωτή και χωρίς πυκνωτή στην καμπύλη απόκρισης του τυπικού ενισχυτή με R_C και R_E.

Ε5.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. ΗΒ ή ΨΒ.
3. Παλμογράφος διπλής δέσμης.

Ε5.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Αποδεικνύεται, ότι ο ενισχυτής κοινού εκπομπού (CE) χωρίς αντίσταση ανασύζευξης έχει ενίσχυση ή απολαβή τάσης που δίνεται από τη σχέση:

$$A_v = -\frac{h_{fe}R_C}{R_i} \qquad \text{(E5.1)}$$

όπου

$$R_i = R_B \,//\, h_{ie} \qquad \text{(E5.2)}$$

και

$$R_B = R_1 \,//\, R_2 \qquad \text{(E5.3)}$$

Αποδεικνύεται επίσης, ότι για τον ενισχυτή κοινού εκπομπού με αντίσταση ανασύζευξης RE ισχύουν οι σχέσεις:

$$A_v = \frac{v_0}{v_i} = -\frac{h_{fe}R_C}{R_i} \cong -\frac{R_C}{R_E} \qquad \text{(E5.4)}$$

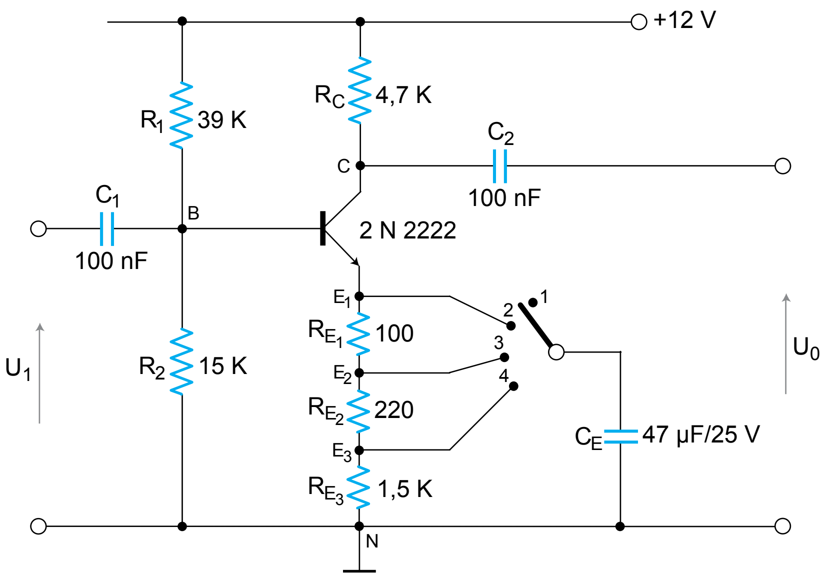
όπου

$$R_i' = R_B \,//\, R_i \qquad \text{(E5.5)}$$

$$R_i = h_{ie} + (1 + h_{fe})\,R_E \cong h_{fe}\,R_E \qquad (E5.6)$$

Ε5.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε τον ενισχυτή του Σχ.Ε5.1.
2. Μετρήστε με τον παλμογράφο στο dc ή με ΗΒ ή με ΨΒ τις διάφορες dc τάσεις του ενισχυτή και καταγράψτε τες.



Σχ.Ε5.1. *Ενισχυτής CE με αντίσταση ανασύζευξης* R_E.

V_{CN} =…V, V_{BN} = ... V, V_{EN1}= .... V, V_{EN2} = ... V, V_{EN3} = ... V

3. Με το διακόπτη στη θέση 1 και με το σήμα εισόδου με πλάτος v_i = 1 V p-p (σταθερή σε όλη τη διάρκεια το πειράματος) πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα:

v_i = 1 V p-p

f(Hz)	v_{01}(V)	v_{02}(V)	V_{03}(V)	v_{04}(V)
30				
50				
100				
300				
500				
1K				
3K				
5K				
10K				
30K				
50K				
100K				
300K				
500K				
1M				
3M				
5M				
10M				
30M				

4. Με το διακόπτη διαδοχικά και στις υπόλοιπες θέσεις 2 (V_{02}) κτλ, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο πάνω πίνακα.

5. Υπολογίστε για κάθε γραμμή του πίνακα (και συμπληρώστε τις επιπλέον στήλες) την ενίσχυση σε dB χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$A = 20\log\left(\frac{v_{0i}}{v_i}\right)\text{dB}$$

όπου

$$v_{0i} = v_{01},\ldots, v_{04}$$

6. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί σχεδιάστε και τις τέσσερις καμπύλες του ενισχυτή.
7. Από τις τέσσερις αυτές καμπύλες βρείτε και καταγράψτε τις συχνότητες μισής ισχύος (f_1, f_2) για κάθε περίπτωση.

Ε5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Άσκηση 6η

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ 2 ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΑΡΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΣΥΖΕΥΞΗΣ

Ε6.1 Σκοπός

Η μελέτη της επίδρασης της αρνητικής ανασύζευξης στην απόκριση συχνότητας του ενισχυτή, καθώς και στην αντίσταση εισόδου και εξόδου.

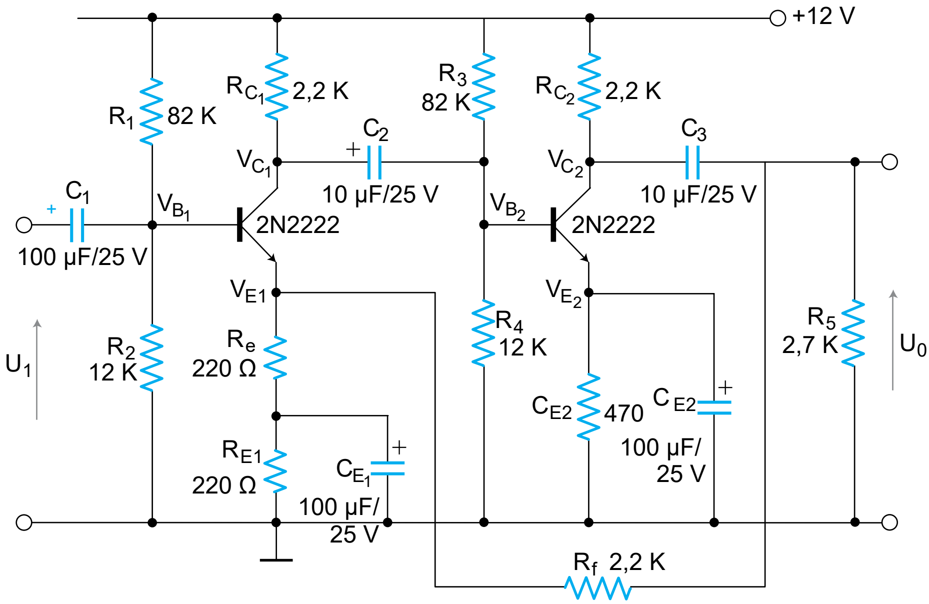
Ε6.2 Συσκευές

1. ΗΒ ή ΨΒ.
2. CRO διπλής δέσμης.
3. Γεννήτρια Χ.Σ.

Ε6.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Τα ενεργά στοιχεία χαρακτηρίζονται από παραμέτρους που δεν καθορίζονται με ακρίβεια· επίσης, οι παράμετροι αυτές μεταβάλλονται συναρτήσει της θερμοκρασίας (h_{fe} του τρανζίστορ, g_m του FET, κτλ). Επομένως, οι περισσότεροι ενισχυτές, οι οποίοι χρησιμοποιούν τα στοιχεία αυτά δε θα παρουσιάζουν σταθερή και ορισμένη ενίσχυση. Βελτίωση αυτής της κατάστασης επιτυγχάνουμε αν χρησιμοποιήσουμε *αρνητική ανασύζευξη.*
Ανασύζευξη έχουμε σ’ ένα ενισχυτή όταν τροποποιήσουμε το σήμα εισόδου του ενισχυτή με την παρεμβολή ενός κατάλληλου δικτυώματος μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του.

Το Σχ.Ε6.1 δείχνει έναν ενισχυτή δύο βαθμίδων με αρνητική ανασύζευξη τάσης-σειράς και αυτή χρησιμοποιείται περισσότερο στην πράξη.



Σχ.Ε6.1. *Ενισχυτής 2 βαθμίδων με ανασύζευξη τάσης-σειράς.*

Αποδεικνύεται, ότι η ενίσχυση του ενισχυτή με ανασύζευξη δίνεται από τη σχέση:

$$A_{vf} = \frac{A_v}{1+\beta A_v} \qquad \text{(Ε6.1)}$$

Στην περίπτωση αυτή ο λόγος ανασύζευξης είναι

$$\beta = \frac{R_e}{R_e + R_f} \qquad \text{(Ε6.2)}$$

Η ενίσχυση του ενισχυτή δίνεται από τη σχέση:

$$A_v = A_1 \times A_2 \qquad \text{(Ε6.3)}$$

όπου A_1 και A_2 είναι οι ενισχύσεις των δύο βαθμίδων του.

Η αντίσταση εισόδου γι' αυτόν τον ενισχυτή δίνεται από τη σχέση:

$$R_{if} = (1 + \beta A_v)\, R_i \qquad (E6.4)$$

όπου R_i είναι η αντίσταση εισόδου του ενισχυτή χωρίς ανασύζευξη.
Η αντίσταση εξόδου του δίνεται από τη σχέση:

$$R_{0f} = \frac{R_0}{1+\beta\, A_v} \qquad (E6.5)$$

όπου R_0 είναι η αντίσταση εξόδου του ενισχυτή χωρίς ανασύζευξη.
Αποδεικνύονται και οι εξής σχέσεις:

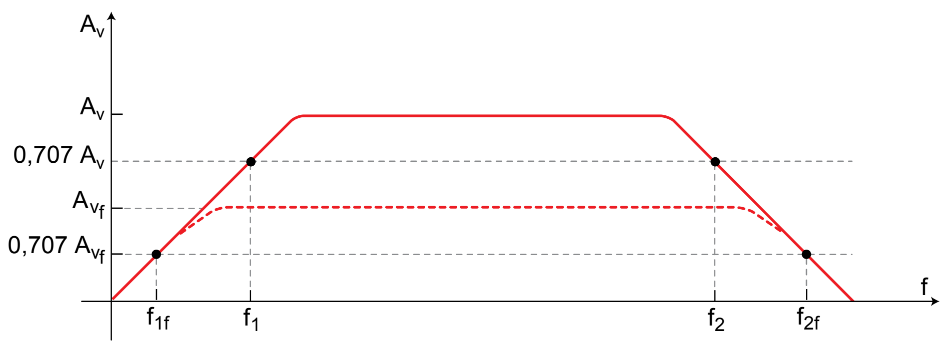
$$f_{1f} = \frac{f_1}{1+\beta\, A_v} \qquad (E6.6)$$

$$f_{2f} = (1 + \beta A_v) f_2 \qquad (E6.7)$$

όπου f_1 και f_2 είναι οι συχνότητες αποκοπής ή μισής ισχύος χωρίς ανασύζευξη.
Από τις πιο πάνω εξισώσεις προκύπτει ότι με την ανασύζευξη αυτή έχουμε:

- υποβιβασμό της ενίσχυσης ή απολαβής.
- αύξηση της αντίστασης εισόδου του ενισχυτή.
- ελάττωση της αντίστασης εξόδου του.
- αύξηση του εύρους ζώνης διέλευσής του.

Το Σχ.Ε6.2 δείχνει την καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή χωρίς και με ανασύζευξη.



Σχ.Ε6.2. *Καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή του Σχ.Ε6.1.*

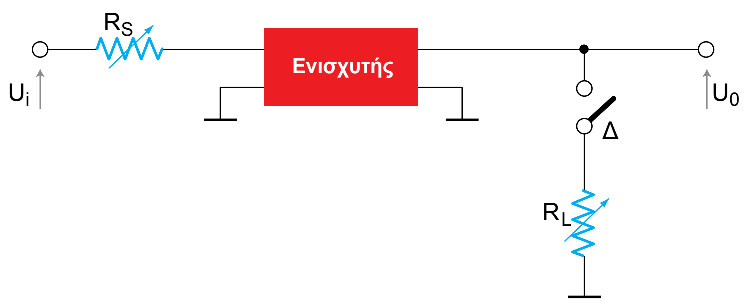
Ε6.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε τον ενισχυτή του Σχ.Ε6.1 χωρίς ανασύζευξη (δηλ. χωρίς την αντίσταση R_f).
2. Τροφοδοτήστε τον ενισχυτή με dc τάση (+ 12 V).
3. Με ΗΒ (ή ΨΒ ή CRO) μετρήστε και καταγράψτε τις διάφορες dc τάσεις του ενισχυτή, δηλ. τις τάσεις εκπομπού, βάσης, συλλέκτη και για τις δυο βαθμίδες.

   V_{E1} = ...V, V_{B1} =... V, V_{C1} = ...V

   V_{E2} = ...V, V_{B2}=...V, V_{C2}=...V

4. Για να μετρήσουμε την αντίσταση εισόδου και εξόδου του ενισχυτή τη συγκρίνουμε με μια γνωστή αντίσταση R_S. Το Σχ.Ε6.3 δείχνει τη βασική δομή αυτού του συστήματος μέτρησης.



Σχ.Ε6.3. *Βασική αρχή για τη μέτρηση της αντίστασης εισόδου και εξόδου.*

Για να μετρήσουμε την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή συνδέουμε σε σειρά μια *μεταβλητή βαθμονομημένη αντίσταση* R_S. Αρχικά η R_S τοποθετείται στη θέση μηδέν και ρυθμίζουμε το πλάτος του σήματος εισόδου που να δίνει σήμα εξόδου κατάλληλου πλάτους το οποίο το καταγράφουμε. Στη συνέχεια αυξάνουμε την R_S μέχρι την τιμή $R_{S,O}$ για την οποία το πλάτος του σήματος εξόδου του ενισχυτή γίνεται ίσο με το μισό του αρχικού. Η αντίσταση αυτή, $R_{S,O}$, είναι ίση με την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή.

Το ίδιο κύκλωμα χρησιμοποιείται για να μετρήσουμε την *αντίσταση εξόδου* του ενισχυτή. Καταγράφουμε την τάση εξόδου με το διακόπτη Δ ανοικτό. Στη συνέχεια κλείνουμε το διακόπτη και ρυθμίζουμε την R_L

μέχρις ότου το πλάτος της τάσης εξόδου γίνει το μισό του αρχικού. Η τελική αυτή τιμή, $R_{L,O}$, της R_L είναι η τιμή της αντίστασης εξόδου του ενισχυτή. Με βάση τα πιο πάνω μετρήστε και καταγράψτε την αντίσταση εισόδου και εξόδου του ενισχυτή.

R_i = ... Ω, R_0 = ... Ω

5. Συνδέστε στην είσοδο του ενισχυτή γεννήτρια Χ.Σ. σε συχνότητα 1 kHz και αυξήστε το σήμα εισόδου, μέχρις ότου στην έξοδο να πάρουμε το σήμα όσο γίνεται πιο ενισχυμένο και χωρίς παραμόρφωση (να μην είναι ψαλιδισμένο). Σημειώστε τις τελικές τάσεις εισόδου και εξόδου (σε τιμές p-p):

v_i = ... V, v_0 = ... V

Υπολογίστε την ενίσχυση (απολαβή τάσης) και καταγράψτε την.

$$A_v = \frac{v_0}{v_i} =$$

Επίσης, εκφράστε τη σε dB.

6. Με το σήμα εισόδου σταθερό μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας Χ.Σ κάτω και πάνω από το 1 kHz μέχρις ότου η τάση εξόδου γίνει $0.707A_v$ και σημειώστε τις συχνότητες αυτές, δηλ.

f_1= ... Hz, f_2 = ... kHz

7. Με το σήμα εισόδου του βήματος 5 πάρτε μετρήσεις και καταγράψτε τες στον πιο κάτω πίνακα.

f(Hz)	v_0(V)	v_0/v_i	v_0/v_i (dB)	v_{0f} (V)	v_{0f} / v_i	v_{0f}/v_i (dB)
30						
50						
100						
300						
500						
1K						
3K						
5K						
10K						
30K						
50K						
100K						
300K						
500K						
1M						
3M						
5M						
10M						
30M						

8. Συνδέστε την αντίσταση ανασύζευξης R_f στον ενισχυτή. Επαναλάβετε το βήμα 4 για να μετρήσετε την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή με ανασύζευξη και καταγράψτε τα αποτελέσματά σας.

R_{if} = ... kΩ, R_{0f} = ... Ω

9. Βάλτε μια τάση ac στην είσοδο του ενισχυτή στη συχνότητα του 1 kHz ώστε να μην έχετε παραμορφωμένο σήμα στην έξοδο και επαναλάβατε το βήμα 6. Καταγράψτε τις συχνότητες μισής ισχύος.

f_{1f} =... Hz, f_{2f} = ... kHz

10. Επαναλάβετε το βήμα 7 για τον ενισχυτή με ανασύζευξη.

11. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί σχεδιάστε τις καμπύλες απόκρισης του ενισχυτή χωρίς και με ανασύζευξη.

12. Από τις δύο αυτές καμπύλες καταγράψτε τα χαρακτηριστικά τους (ενίσχυση και συχνότητες μισής ισχύος).

Ε6.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Άσκηση 7η

ΑΝΑΣΤΡΕΦΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ AC ΜΕ ΤΕ

Ε7.1 Σκοπός

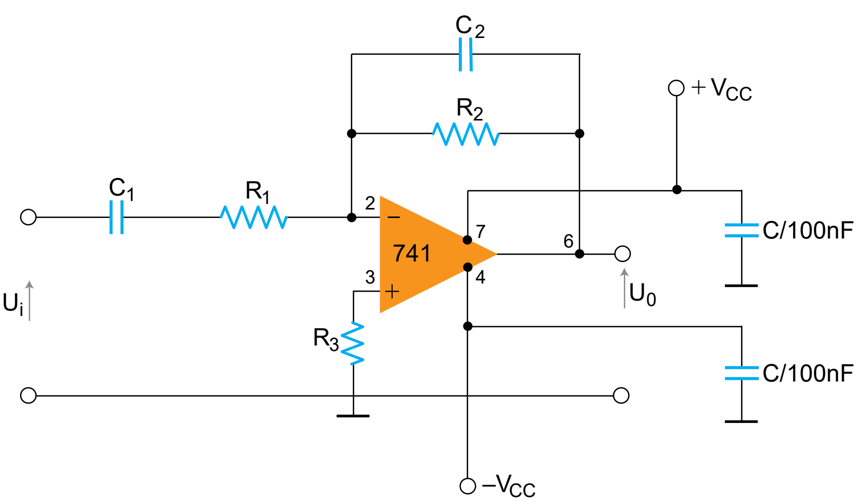
- Η μελέτη του αναστρέφοντος ενισχυτή για διάφορες αντιστάσεις ανασύζευξης R_f (R_2).
- Η μέτρηση της αντίστασης εισόδου του ενισχυτή.
- Ο προσδιορισμός του εύρους διέλευσής του.
- Ο υπολογισμός του ενισχυτή για καθορισμένες προδιαγραφές.

Ε7.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO.

Ε7.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε7.1 δείχνει τον ΤΕ συνδεσμολογημένο ώστε να δημιουργεί διαφορά φάσης (αναστροφή) μεταξύ εισόδου και εξόδου. Η ενίσχυση του αναστρέφοντος ενισχυτή δίνεται από τη σχέση:



Σχ.Ε7.1. *ΤΕ ενισχυτής με αναστροφή.*

$$A_v = \frac{v_0}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1} \quad (E7.1)$$

όπου

$$R_3 = R_2 \; // \; R_1 \quad (E7.2)$$

Ο υπολογισμός του πυκνωτή σύζευξης C_1 γίνεται με βάση τη σχέση:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi f_1 \left(R_s + R_1\right)} \quad (E7.3)$$

όπου f_1 είναι η πιο χαμηλή συχνότητα που θέλουμε να ενισχύσουμε. Η αντίσταση R_S είναι η αντίσταση εξόδου της γεννήτριας σήματος Χ.Σ. Ο πυκνωτής σύζευξης είναι απαραίτητος αν η γεννήτρια Χ.Σ έχει dc συνιστώσα. Ο πυκνωτής C_2 μπορεί να χρειάζεται, όταν έχουμε μικρά σήματα εισόδου για να απομακρύνει το σήμα του θορύβου εισόδου και η τιμή του είναι μερικές 10δες pF (100 pf).

Ε7.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα για τον υπολογισμό της R3.

R_1 (kΩ)	R_2 (kΩ)	R_3 (kΩ)
1	1000	
10	1000	
10	100	
10	10	

2. Συνδεσμολογήστε τον ενισχυτή του Σχ.Ε7.1, χρησιμοποιώντας C_1 = 10 μF, R_1 = 10 kΩ και την R_2 = 10 kΩ.

3. Κρατώντας σταθερό το πλάτος της τάσης εισόδου της γεννήτριας Χ.Σ v_i =1 V p-p, μεταβάλετε τη συχνότητα εισόδου και πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα.

f(Hz)	v_0 (V)	v_0/v_i	A (dB)
0.1			
0.3			
0.5			
1			
3			
5			
10			
30			
50			
100			
300			
500			
1K			
3 K			
5 K			
10 K			
30 K			
50 K			
100 K			
300 K			
500 K			
1 M			

όπου,

$$A = 20\log\frac{v_0}{v_i}\ \text{dB}$$

4. Αλλάξτε την R_2 = 100 kΩ, και επαναλάβετε το βήμα 3, δίνοντας τάση από τη γεννήτρια, αλλά χωρίς παραμόρφωση ώστε να έχετε στην έξοδο το μέγιστο δυνατό σήμα.

5. Αλλάξτε τον πυκνωτή C_1 = 1 μF και επαναλάβετε το βήμα 3. (Συνδέστε τη σωστή R_3).
6. Αλλάξτε τον πυκνωτή C_1 =0.1 μF και επαναλάβετε το βήμα 3. (Συνδέστε τη σωστή R_3).
7. Αλλάξτε την R_2=1000 kΩ και, αφού συνδέσετε τη σωστή R_3, επαναλάβετε το βήμα 3.
8. Αλλάξτε την R_1 = 1 kΩ, και επαναλάβετε το βήμα 3,
9. Συνδέστε μια αντίσταση R_{in} σε σειρά με την R_1, ώστε να έχετε ενίσχυση 100, και μεταβάλετε την αντίσταση αυτή (μεταβλητή ή κιβώτιο αντιστάσεων) μέχρις ότου η τάση εξόδου να γίνει μισή από όση αρχικά. Καταγράψτε την αντίσταση αυτή. (Βλέπε προηγούμενη άσκηση)
10. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί, σχεδιάστε όλες τις καμπύλες απόκρισης κατά συχνότητα και βρείτε τις συχνότητες μισής ισχύος και το εύρος ζώνης διέλευσης σε κάθε περίπτωση.

Ε7.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σημείωση

- Όταν χρησιμοποιούμε ΤΕ, αφού συνδεσμολογήσουμε το κύκλωμα τον τροφοδοτούμε με τις αναγκαίες dc τάσεις (± 12 V, ακροδέκτες 7 και 4).
- Συνδέουμε τη γεννήτρια Χ.Σ χωρίς να είναι on και με ένα ΗΒ ή CRO στο dc μετράμε τις τάσεις στους ακροδέκτες 7 και 4 να δούμε αν πράγματι ″έρχονται″ οι προβλεπόμενες dc τάσεις. Για να είναι σωστά πολωμένος ο ΤΕ θα πρέπει *ο ακροδέκτης εξόδου* (ακροδέκτης 6) να έχει *dc τάση μηδέν.*
- Θα πρέπει, επίσης, σε κάθε ΤΕ να συνδέσουμε στους ακροδέκτες 7 και 4 και στη γη με πυκνωτές 100 nF, για να αποφύγουμε το θόρυβο (θόρυβο από το δίκτυο και παρασιτικούς θορύβους).

Άσκηση 8η

ΜΗ ΑΝΑΣΤΡΕΦΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ AC ΜΕ ΤΕ

Ε8.1 Σκοπός

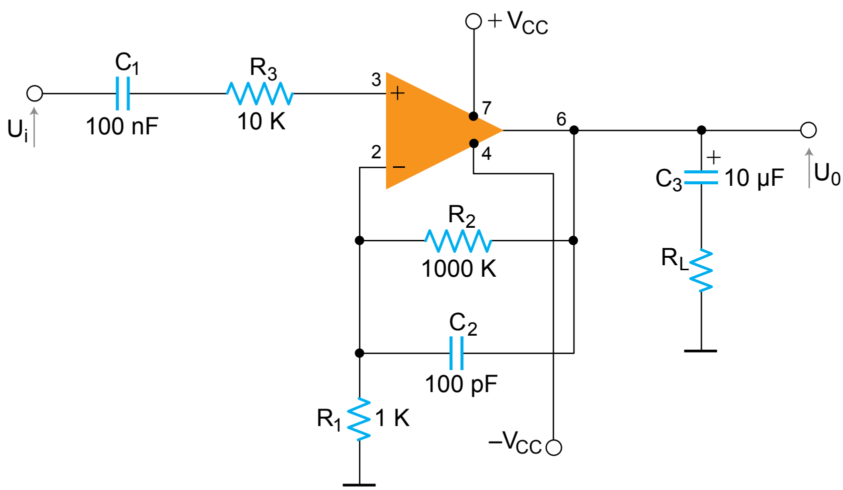
- Η μελέτη του μη αναστρέφοντος ενισχυτή με διάφορες αντιστάσεις ανασύζευξης.
- Η μέτρηση της αντίστασης εξόδου του ενισχυτή.
- Ο προσδιορισμός του εύρους ζώνης διέλευσης συχνοτήτων.
- Ο υπολογισμός της ενίσχυσης του ενισχυτή για καθορισμένη ενίσχυση.

Ε8.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. ΗΒ ή ΨΒ.
3. CRO διπλής δέσμης.

Ε8.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε8.1 δείχνει τον ΤΕ συνδεσμολογημένο χωρίς να κάνει αναστροφή του σήματος εισόδου.



Σχ.Ε8.1. *Μη αναστρέφων ενισχυτής.*

Η ενίσχυση του ενισχυτή αυτού είναι:

$$A_f = \frac{v_0}{v_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \tag{E8.1}$$

Ε8.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε8.1 χωρίς τον C_3 και την R_L, με τα εξής στοιχεία: C_1 = 100 nF, R_3 = 10 kΩ, R_1 = 1 kΩ, R_2 = 1000 kΩ και C_2 = 100 pF.

2. Συνδέστε στην είσοδο του ενισχυτή γεννήτρια Χ.Σ και δώστε σήμα τάσης στη συχνότητα 100 Hz, ώστε να είναι το μέγιστο δυνατό χωρίς να είναι παραμορφωμένο στην έξοδό και σημειώστε την τάση αυτή v_i. Σε χιλιοστομετρικό (mm) χαρτί σχεδιάστε το σήμα εισόδου και εξόδου.

$$v_i = \ldots \text{ V}$$

Τι διαπιστώνετε;

1. Από τη μέτρηση των τάσεων εισόδου και εξόδου του βήματος 2, υπολογίστε την ενίσχυση και εκφράστε την σε dB.

2. Διατηρώντας το σήμα εισόδου σταθερό κατά πλάτος, μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας εισόδου μέχρις ότου να πάρετε στην έξοδο τα 0.707 της μέγιστης τάσης εξόδου. Σημειώστε την αντίστοιχη συχνότητα.

$$f_2 = \ldots \text{ Hz}$$

Ποιο είναι το εύρος ζώνης διέλευσης του ενισχυτή; Σημειώστε το.

$$BW = \ldots \text{ Hz}$$

3. Διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή και ίση με εκείνη του βήματος 2, μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας και πάρτε μετρήσεις με τον CRO (συνδεδεμένος στην έξοδο του ενισχυτή), ώστε να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα.

f(Hz)	v_0(V)	v_0/v_i	A(dB)
0.1			
0.3			
0.5			
1			
3			
5			
10			
30			
50			
100			
300			
500			
1 k			
3 k			
5 k			
10 k			
50 k			
100 k			

6. Αποσυνδέστε τον C_2 και αλλάξτε την R_1 σε τιμή R_1 = 10 kΩ.
7. Επαναλάβατε το βήμα 5.
8. Συνδέστε τον C_2=10 pF.
9. Επαναλάβατε το βήμα 5.
10. Αλλάξτε τον C_2 σε τιμή C_2=100 pF.
11. Επαναλάβατε το βήμα 5.
12. Αλλάξτε τον C_2 σε τιμή C_2=1000 pF.
13. Επαναλάβατε το βήμα 5.
14. Συνδέστε το κύκλωμα με τις τιμές του βήματος 1. Στην έξοδο του ενισχυτή συνδέστε τον C_3=10 μF σε σειρά με μεταβλητή αντίσταση ή κιβώτιο αντιστάσεων R_L. Μεταβάλετε την τιμή της R_L μέχρις ότου το σήμα εξόδου γίνει το μισό αυτού που είχατε πριν συνδέσετε το φορτίο.

Η γεννήτρια να έχει συχνότητα 100 Hz και η ενίσχυση να είναι 100.

15. Μετρήστε και σημειώστε την προηγούμενη τελική αντίσταση.

$$R_0 = ... \ \Omega$$

16. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί, σχεδιάστε όλες τις καμπύλες για τις οποίες πήρατε μετρήσεις.

17. Βρείτε το εύρος διέλευσης συχνοτήτων σε κάθε περίπτωση.

Ε8.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 9η

ΑΘΡΟΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΑΦΑΙΡΕΤΗΣ ΜΕ ΤΕ

Ε9.1 Σκοπός

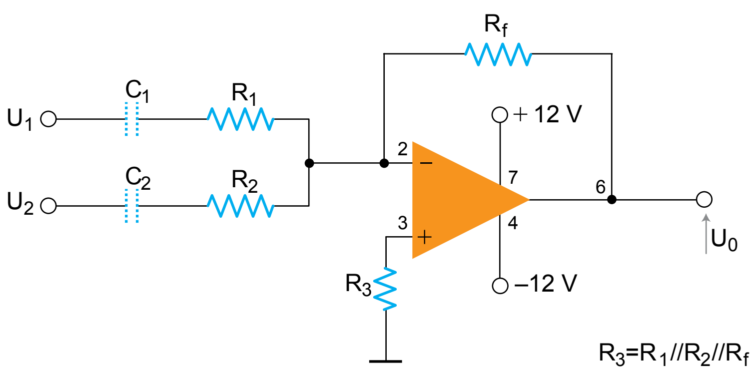
- Να μελετηθεί ο ενισχυτής αθροιστής.
- Να μελετηθεί ο ενισχυτής διαφοράς ή αφαιρέτης.

Ε9.2 Συσκευές

1. ΗΒ ή ΨΒ ή CRO.
2. Δύο πηγές dc τάσης.

Ε9.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε9.1 δείχνει τον ΤΕ συνδεσμολογημένο σαν **αθροιστή** dc ή ac (με πυκνωτές στην είσοδό του) με δύο εισόδους άθροισης.



Σχ.Ε9.1. *Ενισχυτής αθροιστής dc ή ac δύο εισόδων.*

Αποδεικνύεται, ότι η έξοδος του κυκλώματος δίνεται από τη σχέση:

$$v_0 = -R_f\left(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}\right) \qquad \text{(E9.1)}$$

όπου τα v_1, v_2, v_0 παριστάνουν στιγμιαίες τιμές των αντίστοιχων τάσεων. Άρα, αν $R_1 = R_2 = R$, έχουμε:

$$v_0 = -\frac{R_f}{R}(v_1 + v_2) \quad \text{(E9.2)}$$

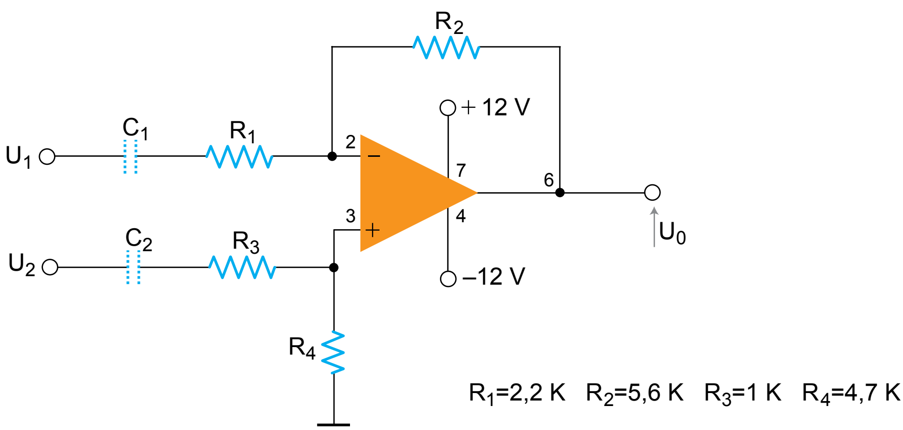
Αν R_f = R έχουμε:

$$v_0 = -(v_1 + v_2) \quad \text{(E9.3)}$$

Το (-) σημαίνει διαφορά φάσης 180° μεταξύ εισόδου και εξόδου (αναστροφή σήματος).

Το Σχ.Ε9.2 δείχνει τον **ενισχυτή διαφοράς** ή **αφαιρέτη** dc ή ac.

Αποδεικνύεται, ότι η τάση εξόδου του δίνεται από τη σχέση:



Σχ.Ε9.2. *Ενισχυτής διαφοράς ή αφαιρέτης dc ή ac.*

$$v_0 = \frac{R_4}{R_3}v_2 - \frac{R_2}{R_1}v_1 \quad \text{(E9.2)}$$

Άρα, αν $R_1 = R_3 = R$ και $R_2 = R_4 = R_f$, έχουμε:

$$v_0 = \frac{R_f}{R}(v_2 - v_1) \quad \text{(E9.3)}$$

Αν R_f = R, προκύπτει:

$$v_0 = (v_2 - v_1) \tag{E9.4}$$

Ε9.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα του Σχ.Ε9.1 με τις εξής τιμές:

   R_1 = 4.7 ΚΩ, R_2 = 2.2 kΩ, R_f = 22 kΩ

2. Συνδέστε τάσεις v_1 = 0.5 V και v_2 = 1 V.
3. Μετρήστε την τάση εξόδου, είτε με ΗΒ είτε με CRO (να είναι στη θέση dc), και καταγράψτε το αποτέλεσμα.

   v_0 = ... V.

4. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση αυτή και συγκρίνατέ την με τη μετρηθείσα. Δικαιολογήστε τυχόν απόκλιση.
5. Συνδέστε στην v_1 = 0.5V, v_2 = -1 V.
6. Μετρήστε την τάση εξόδου και καταγράψτε το αποτέλεσμα.

   v_0 = ... V.

7. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση αυτή και συγκρίνατέ την με τη μετρηθείσα. Δικαιολογήστε τυχόν απόκλιση.
8. Συνδέστε τάσεις v_1 = - 0.5 V, και v_2 = 1 V.
9. Μετρήστε την αντίστοιχη τάση εξόδου και καταγράψτε το αποτέλεσμα.

   v_0 = ... V.

10. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση εξόδου και συγκρίνατέ την με τη μετρηθείσα. Δικαιολογήστε τυχόν απόκλιση.
11. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε9.2 με τις εξής τιμές

    R_1 = 2.2 kΩ, R_2 = 5.6 kΩ, R_3 = 1 kΩ, R_4 = 4.7 kΩ

12. Στην είσοδο συνδέστε τις τάσεις v_1 = 0.5 V, και v_2 = 1 V.
13. Μετρήστε την τάση εξόδου και καταγράψτε το αποτέλεσμα.

    v_0 = ... V.

14. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση αυτή και συγκρίνατέ την με τη μετρηθείσα.

15. Στην είσοδο βάλτε τις τάσεις v_1 = 1 V και v_2 = 0.5 V.

16. Μετρήστε και καταγράψτε την τάση εξόδου.

v_0 = ... V.

17. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση εξόδου και συγκρίνατέ την με τη μετρηθείσα.

18. Υπολογίστε ενισχυτή διαφοράς που να έχει την εξής έξοδο: v_0 = 5 V.

19. Για τάσεις εισόδων v_2 = v_1 = 1V. μετρήστε την τάση εξόδου και καταγράψτε την τιμής της.

v_0 = ... V.

20. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση εξόδου και συγκρίνατέ την με τη μετρηθείσα.

Ε9.5 Συμπεράσματα

Σημείωση

Αν δεν έχετε στο εργαστήριο τις παραπάνω dc τάσεις χρησιμοποιήστε μια μπαταρία 1.5 V και για την άλλη τάση χρησιμοποιήστε δίοδο πολωμένη με την ορθή φορά, δηλ. θα συνδέσετε μια αντίσταση R σε σειρά με μια δίοδο, (θα σας εξηγήσει ο καθηγητής σας) που δίνει τάση περίπου 0.7 V). Μετρήστε την με ακρίβεια.

Άσκηση 10η

ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΗΣ

Ε10.1 Σκοπός

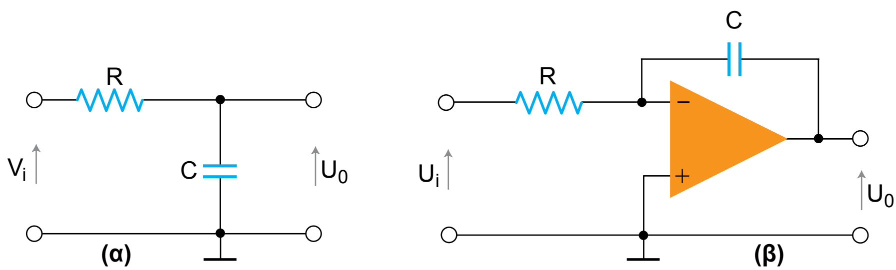
Η μελέτη της ολοκλήρωσης με δικτύωμα RC και με ΤΕ.

Ε10.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια παλμών.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε10.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε10.1 (α) δείχνει το *δικτύωμα RC* (φίλτρο Χ.Σ) που κάνει **ολοκλήρωση.** Το δε Σχ.Ε10.1 (β) δείχνει το ίδιο *κύκλωμα με ΤΕ*.



Σχ.Ε10.1. *Ολοκληρωτής με δικτύωμα RC(α) και με ΤΕ (β).*

Αποδεικνύεται, ότι η τάση εξόδου για το δικτύωμα RC, δίνεται από τη σχέση:

$$v_0 = \frac{1}{T}\int v_i(t)dt \qquad \text{(E10.1)}$$

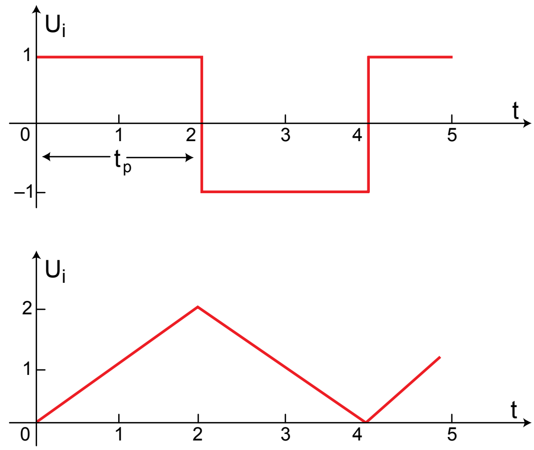
για τον ολοκληρωτή με ΤΕ από,

$$v_0 = -\frac{1}{T}\int v_i(t)dt = -\frac{v_i}{T}\Delta t = -\frac{I}{C}\Delta t \qquad \text{(E10.2)}$$

όπου I είναι το ρεύμα φόρτισης του πυκνωτή και τα v_i και v_0 παριστάνουν στιγμιαίες τιμές τάσεων εισόδου και εξόδου αντίστοιχα. Και

$$\tau = RC \qquad \text{(E10.3)}$$

είναι η *σταθερά χρόνου* του κυκλώματος.



Σχ.Ε10.2.

Για να συμπεριφέρεται το κύκλωμα σα σωστός ολοκληρωτής πρέπει η διάρκεια του παλμού εισόδου, t_p, να ικανοποιεί τη συνθήκη:

$$t_p << \tau \qquad \text{(E10.4)}$$

Στην πράξη, δεχόμαστε ως επαρκή συνθήκη την ισότητα:

$$t_p = \frac{\tau}{10} \qquad \text{(E10.5)}$$

Στον ολοκληρωτή η τάση εξόδου είναι το ολοκλήρωμα της τάσης εισόδου. Η συνήθης πρακτική σκοπιμότητα του γεγονότος αυτού είναι, ότι αν η *είσοδος* είναι *τετραγωνική κυματομορφή* στην *έξοδο* θα πάρουμε *τριγωνική*, Σχ.Ε10.2.

Ε10.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε10.1(α) με τις εξής τιμές:

$R = 10\,k\Omega$, $\qquad$ $C = 0.47\ \mu F$

2. Διεγείρετε το κύκλωμα με γεννήτρια παλμών συχνότητας 1.5 kHz και διάρκειας παλμού 0.5 ms και πλάτους 5 V.

3. Στο ειδικό χαρτί (ή σε χαρτί mm) σχεδιάστε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου, τοποθετώντας τη μία κάτω από την άλλη.

4. Αλλάξτε την R σε 1 kΩ και επαναλάβατε το βήμα 3.
5. Αλλάξτε την R σε 10 kΩ και επαναλάβατε το βήμα 3.
6. Αλλάξτε την R σε 100 kΩ και επαναλάβατε το βήμα 3.
7. Αλλάξτε την R σε 1 ΜΩ και επαναλάβατε το βήμα 3.
8. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε10.1 (β) με τις εξής τιμές:

$$R = 10k\Omega, \qquad C = 0.47\ \mu F$$

9. Επαναλάβατε τα βήματα 2 και 3.
10. Αλλάξτε την αντίσταση R σε τιμή R = 1 kΩ και επαναλάβατε το βήμα 3.
11. Αλλάξτε την R σε τιμή R = 100 kΩ και επαναλάβατε το βήμα 3.

Ε10.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 11η

ΔΙΑΦΟΡΙΣΤΗΣ

E11.1 Σκοπός

Η μελέτη της διαφόρισης με δικτύωμα RC και με κύκλωμα με ΤΕ.

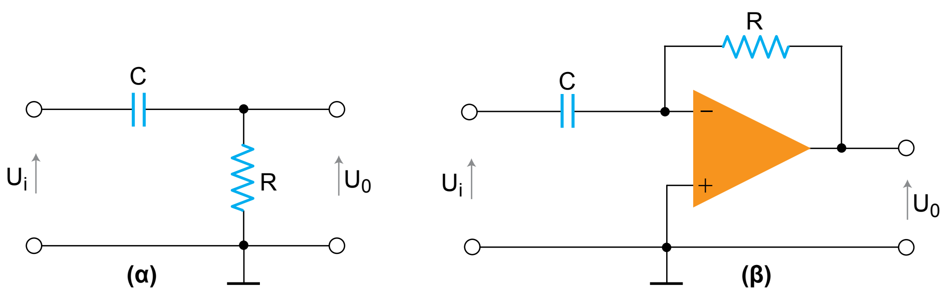
E11.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια παλμών
2. CRO διπλής δέσμης

E11.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ένα δικτύωμα RC (φίλτρο Υ.Σ), Σχ.Ε11.1(α), λέγεται **διαφοριστής,** όταν εκτελεί διαφόριση, δηλ. όταν η έξοδός του είναι το διαφορικό της τάσης εισόδου του, δηλ.

$$v_0 = \tau \frac{dv_i}{dt} \qquad (E11.1)$$



Σχ.Ε11.1. *Διαφοριστής με δικτύωμα RC (α) και με ΤΕ (β).*

Αντίστοιχα, στην έξοδο του διαφοριστή με ΤΕ, θα έχουμε:

$$v_0 = -\tau \frac{dv_i}{dt} \qquad (E11.2)$$

όπου,

$$\tau = RC \qquad (E11.3)$$

η σταθερά χρόνου του κυκλώματος.

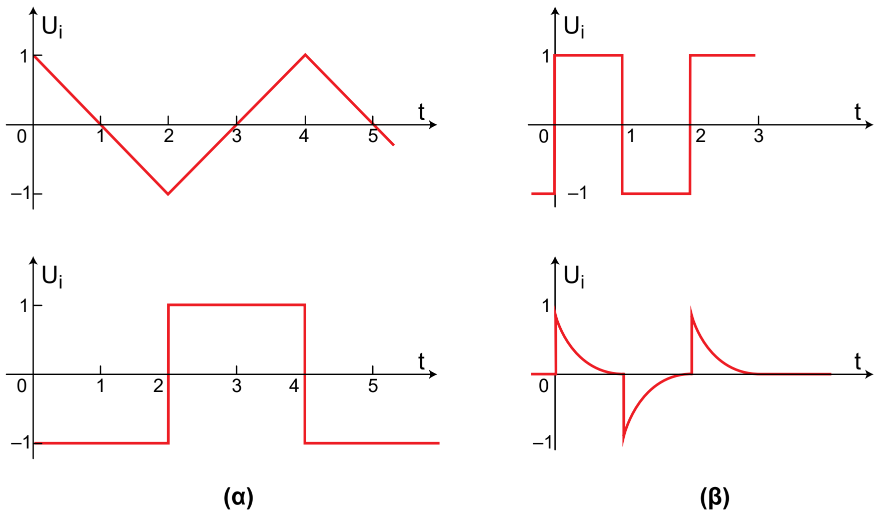
Για να συμπεριφέρεται το δικτύωμα σα σωστός διαφοριστής, πρέπει να ισχύει η συνθήκη:

$$t_p >> \tau \qquad (E11.4)$$

Στην πράξη, δεχόμαστε ως επαρκή συνθήκη την ισότητα,

$$t_p = 10\,\tau \qquad (E11.5)$$

Ο διαφοριστής με ΤΕ δε χρησιμοποιείται συχνά στην πράξη, επειδή ο θόρυβος που υπεισάγει είναι μεγάλος.
Η συνήθης πρακτική σκοπιμότητα του διαφοριστή είναι, ότι αν διεγείρουμε την είσοδό του με *τριγωνική* κυματομορφή, στην έξοδό του θα πάρουμε *τετραγωνική*, Σχ.Ε11.2 (α). Επίσης, αν διεγείρουμε την είσοδο με *τετραγωνική* κυματομορφή, στην έξοδο θα πάρουμε κυματομορφή *αιχμών*, Σχ.11.2β.



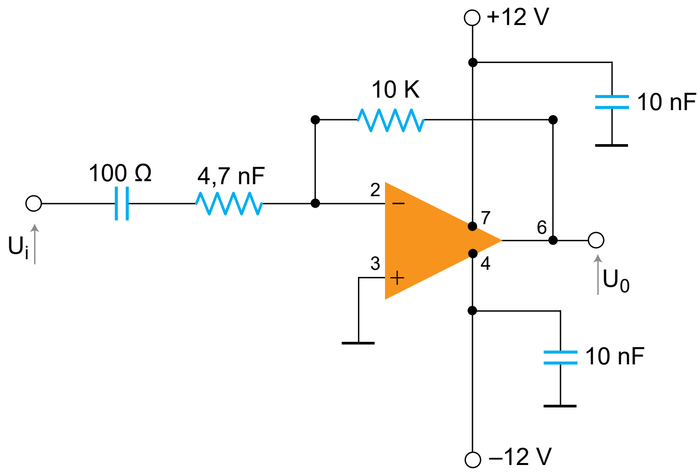
Σχ.Ε11.2. *Κυματομορφές εισόδου και εξόδου ενός διαφοριστή.*

Ε11.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε11.1 (α) με τις εξής τιμές:

$C = 4.7$ nF, $\qquad R = 10$ kΩ

2. Διεγείρετε το δικτύωμα του Σχ.Ε11.1 (α) με γεννήτρια παλμών συχνότητας 1.5 kHz και διάρκειας παλμού 0.5 ms.
3. Σχεδιάστε στο ειδικό φύλλο χαρτιού (την μια κάτω από την άλλη) την κυματομορφή εισόδου και εξόδου που βλέπετε με τον CRO.
4. Αλλάξτε την αντίσταση R σε τιμή R=1 kΩ και επαναλάβατε το βήμα 2.
5. Αλλάξτε την αντίσταση R σε τιμή R=100 kΩ και επαναλάβατε το βήμα 2.
6. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε11.3.



Σχ.Ε11.3. *Πρακτικό κύκλωμα διαφόρισης με ΤΕ.*

7. Επαναλάβατε τα βήματα 2 και 3.
8. Αλλάξτε τον πυκνωτή με τιμή C=0.47 nF και επαναλάβατε τα βήματα 2 και 3.
9. Αλλάξτε τον πυκνωτή με τιμή C=470 nF και επαναλάβατε τα βήματα 2 και 3.

Ε11.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 12η

ΣΥΝΤΟΝΙΖΟΜΕΝΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΜΕ ΤΕ

Ε12.1 Σκοπός

1. Ο υπολογισμός ενός συντονιζόμενου ενισχυτή με ΤΕ.
2. Η εξαγωγή και ο σχολιασμός της καμπύλης απόκρισής του.
3. Ο προσδιορισμός του εύρους ζώνης διέλευσής του.

Ε12.2 Συσκευές

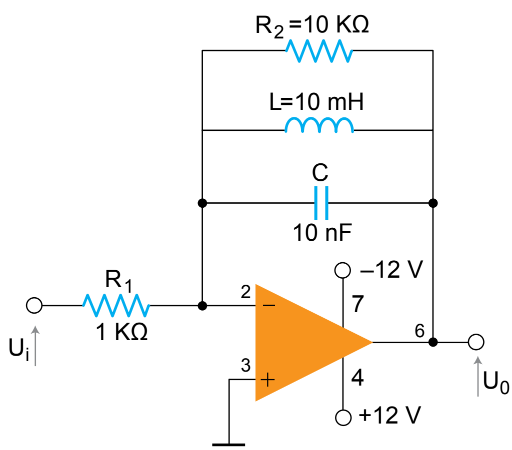
1. ΗΒ ή ΨΒ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε12.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο **συντονιζόμενος ενισχυτής,** που δείχνει το κύκλωμα του Σχ.Ε12.1, είναι ενισχυτής που συντονίζει σε κάποια συγκεκριμένη συχνότητα. Όπως βλέπουμε, αποτελείται από έναν ΤΕ συνδυασμένο με ένα παράλληλο κύκλωμα LC και τοποθετημένο στη γραμμή ανασύζευξης του ΤΕ.

Η **συχνότητα συντονισμού** του ενισχυτή δίνεται από τη σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{E12.1}$$



Σχ.Ε12.1. *Συντονιζόμενος ενισχυτής με ΤΕ.*

Η ενίσχυση ή απολαβή τάσης του ενισχυτή στη συχνότητα συντονισμού δίνεται από τη σχέση:

$$A_f = -\frac{R_2 // R_D}{R_1} \qquad \text{(E12.1)}$$

όπου, R_D είναι η *δυναμική αντίσταση* του παράλληλου κυκλώματος με,

$$R_D = Q^2_{\pi\eta\nu} r \qquad \text{(E12.2)}$$

Το r είναι η ωμική αντίσταση του πηνίου.
Τέλος, το *εύρος διέλευσης* συχνοτήτων του συντονιζόμενου ενισχυτή που εξετάζουμε βρίσκεται από τη σχέση:

$$BW = \frac{f_0}{Q_p} \qquad \text{(E12.3)}$$

όπου Q_p είναι το Q του παράλληλου συντονισμένου κυκλώματος και δίνεται από τη σχέση:

$$Q_p = \frac{R_2 // R_D // X_L}{\omega_0 L} \qquad \text{(E12.4)}$$

Το Q του κυκλώματος δίνεται από τη σχέση: $Q = \dfrac{f_0}{f_2 - f_1}$, το $BW = f_2 - f_1$.

Ε12.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Πριν συνδεσμολογήσετε το κύκλωμα μετρήστε και καταγράψτε την ωμική αντίσταση του πηνίου.

r = ... Ω

2. Υπολογίστε το κύκλωμα για ενίσχυση 10, με R_1 = 1 kΩ και C=10 nF και f_0=16 kHz.

3. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα.

4. Για σήμα εισόδου τέτοιο ώστε στη συχνότητα 16 kHz στην έξοδο να έχουμε το μέγιστο δυνατό σήμα αλλά χωρίς παραμόρφωση, σημειώστε την τάση εισόδου καθώς και την αντίστοιχη τάση εξόδου.

v_i = ... V, v_0= ... V

5. Υπολογίστε την ενίσχυση στη συχνότητα αυτή (και σε dB).

6. Μεταβάλετε τη συχνότητα γύρω από τη συχνότητα των 16 kHz μέχρις ότου η τάση εξόδου γίνει ίση με το 0.707 της τάσης που αντιστοιχεί στην ενίσχυση του βήματος 5. Σημειώστε τις συχνότητες για τις οποίες επιτυγχάνεται αυτό. (σημειώστε την αντίστοιχη ενίσχυση και σε dB).

f_1= ... kHz, f_2 = ... kHz

7. Από τις πιο πάνω τιμές υπολογίστε το Q του κυκλώματος και το BW.

Q = ... BW = ... Hz

8. Υπολογίστε τα πιο πάνω στοιχεία θεωρητικά.
9. Συγκρίνατε τα πρακτικά με τα θεωρητικά στοιχεία.
10. Δικαιολογήστε αν υπάρχουν τυχόν διαφορές.
11. Με σήμα εισόδου αυτό του βήματος 4, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

v_i = ...V,

f(kHz)	**v_0(V)**	**v_0/v_i**	**A_f(dB)**
1			
3			
5			
7			
10			
13			
15			
17			
20			
30			
50			
40			
100			

12. Αλλάξτε την τιμή της R_2 σε R_2=4.7 kΩ και επαναλάβετε το βήμα 11.

13. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί σχεδιάστε τις καμπύλες απόκρισης των βημάτων 11 και 12.

14. Από τα διαγράμματα αυτά βρείτε τη συχνότητα συντονισμού, τις συχνότητες μισής ισχύος, το Q και το εύρος διέλευσης και για τις δύο αποκρίσεις.

Ε12.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 13η

ΦΙΛΤΡΟ ΧΣ 1ου ΒΑΘΜΟΥ

Ε13.1 Σκοπός

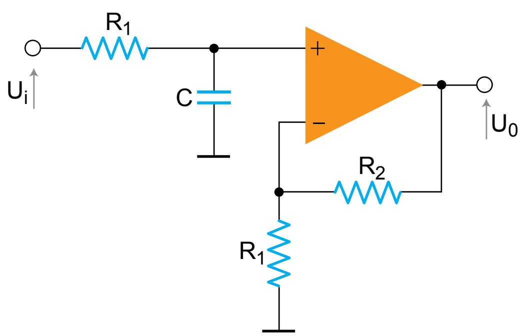
1. Να υπολογισθεί φίλτρο χαμηλών συχνοτήτων (ΦΧΣ) 1ου βαθμού με ενίσχυση.
2. Να χαραχθεί πειραματικά και θεωρητικά η καμπύλη απόκρισής του.

Ε13.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε13.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε13.1 δείχνει το ΦΧΣ 1ου βαθμού με ενίσχυση (Κ).



Σχ.Ε13.1. *ΦΧΣ Sallen-Key 1ου βαθμού με ενίσχυση Κ.*

Αποδεικνύεται, ότι η συνάρτηση μεταφοράς του δίνεται από τη σχέση:

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{K}{1+\frac{s}{\omega_1}} \tag{Ε13.1}$$

όπου όπου V_i και V_0 είναι οι τάσεις εισόδου και εξόδου, σε μιγαδικές εκφράσεις και s = jω

Επίσης,

$$K = 1 + \frac{R_2}{R_1} \qquad \text{(E13.2)}$$

και,

$$\omega_1 = \frac{1}{RC} \qquad \text{(E13.3)}$$

ή

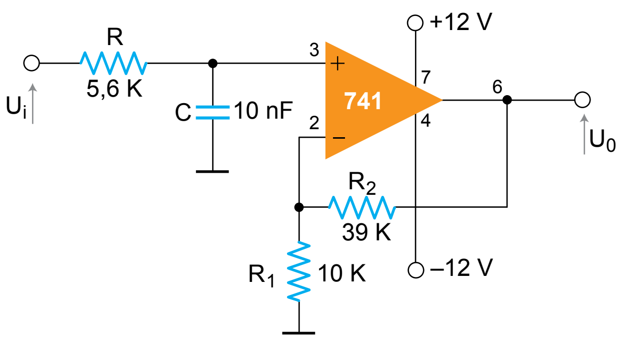
$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC} \qquad \text{(E13.4)}$$

f_1 είναι η *συχνότητα αποκοπής* ή συχνότητα μισής ισχύος.

Ε13.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Υπολογίστε ΦΧΣ με f_1=3 kHz, K=5, C=10 nF και R_1 = 10 kΩ.

2. Συνδεσμολογήστε το φίλτρο, όπως δείχνει το Σχ.Ε13.2.



Σχ.Ε13.2. *ΦΧΣ 1ου βαθμού, με f1 =3 kHz και K=5.*

3. Συνδέστε γεννήτρια στην είσοδο του φίλτρου και ρυθμίστε το πλάτος της, ώστε στη συχνότητα 100 Hz να έχουμε το μέγιστο δυνατό, αλλά όχι παραμορφωμένο σήμα εξόδου. Σημειώστε τις αντίστοιχες τάσεις εισόδου και εξόδου.

v_i = ... V, v_0 = ... V

4. Με τάση εισόδου σταθερή με πλάτος 1 V p-p, σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα.

f(Hz)	$u=f/f_1$	v_0(V)	v_0/v_i	A(dB) πειρ	A(dB) θεω
300					
500					
700					
1 K					
2 K					
2.5K					
3 K					
3.5 K					
5 K					
7 K					
10 K					
20 K					
25 K					
30 K					

5. Χαράξτε την πειραματική καμπύλη απόκρισης του φίλτρου χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$A = 20\log\left(\frac{V_0}{V_i}\right) \text{dB} \tag{E13.5}$$

6. Χαράξτε τη θεωρητική καμπύλη απόκρισης του φίλτρου, στο ίδιο ημιλογ χαρτί, χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$A = 20\log\frac{K}{\sqrt{1+u^{2n}}} \tag{E13.6}$$

όπου,

$$u = \frac{f}{f_1} \tag{E13.7}$$

Κ είναι η ενίσχυση του φίλτρου, f_1 η συχνότητα αποκοπής και *n* είναι ο βαθμός του φίλτρου, (*n* = 1).

7. Από την πειραματική καμπύλη απόκρισης, βρείτε τη συχνότητα αποκοπής και την κλίση του φίλτρου.

8. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής του φίλτρου με βάση τα στοιχεία του.

Ε13.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 14η

ΦΙΛΤΡΟ ΥΣ 1ου ΒΑΘΜΟΥ

Ε14.1 Σκοπός

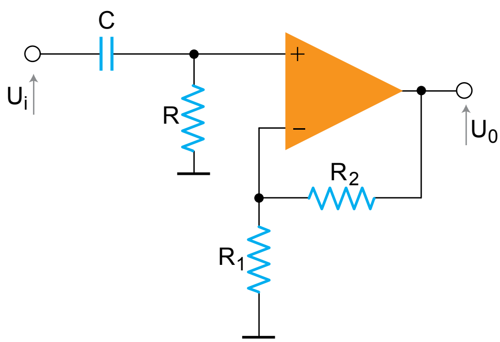
1. Να υπολογισθεί φίλτρο υψηλών συχνοτήτων (ΦΥΣ) 1ου βαθμού.
2. Να χαραχθεί πειραματικά και θεωρητικά η καμπύλη απόκρισής του.

Ε14.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε14.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε14.1 δείχνει το ΦΧΣ Sallen-Key 1ου βαθμού με ενίσχυση K.



Σχ.Ε14.1. *ΦΥΣ Salen-Key 1ου βαθμού με ενίσχυση K.*

Αποδεικνύεται ότι η συνάρτηση μεταφοράς του δίνεται από τη σχέση:

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{K\left(\frac{s}{\omega_2}\right)}{1+\left(\frac{s}{\omega_2}\right)} \qquad \text{(E14.1)}$$

όπου s= jω και ω = 2πf, ενώ

$$\omega_2 = \frac{1}{RC} \qquad \text{(E14.2)}$$

ή

$$f_2 = \frac{1}{2\pi RC} \qquad (E14.3)$$

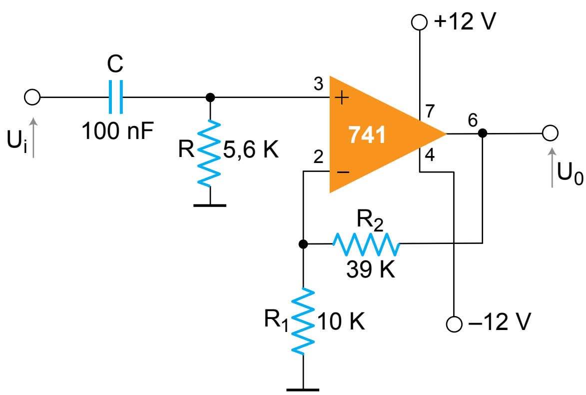
f_2 είναι η *συχνότητα αποκοπής* και έχουμε

$$K = 1 + \frac{R_2}{R_1} \qquad (E14.4)$$

Ε14.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Υπολογίστε ΦΥΣ με f_2 = 300 Hz, K = 5, C = 100 nF και R_1 = 10 kΩ.

2. Συνδεσμολογήστε το φίλτρο του Σχ.Ε14.2.



Σχ.Ε14.2. *ΦΥΣ 1ου βαθμού με f_2 =300 Hz και K=5.*

3. Συνδέστε γεννήτρια Χ.Σ στην είσοδο του φίλτρου με τάση εισόδου v_i = 1V p-p στη συχνότητα 3 kHz και μετρήστε και καταγράψτε το πλάτος της τάσης εξόδου του.

v_i = 1 V $\qquad\qquad$ v_0 = ... V

4. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας, μέχρις ότου η τάση εξόδου του φίλτρου γίνει ίση με τα 0.707 της τάσης του βήματος 3 και καταγράψτε τη συχνότητα αυτή (συχνότητα μισής ισχύος ή συχνότητα αποκοπής του φίλτρου)

f_2 = … Hz

5. Με σήμα εισόδου σταθερό και με πλάτος αυτό του βήματος 3, μεταβάλετε τη συχνότητα και πάρτε μετρήσεις, ώστε να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα

f(Hz)	$u = f_2 / f$	v_0(V)	v_0/v_i	A(dB) πειρ	A(dB) θεω
10					
30					
50					
100					
200					
250					
300					
350					
500					
700					
1 K					
3 K					
5 K					
10 K					

6. Χαράξτε την πειραματική καμπύλη απόκρισης του φίλτρου σε ημι-λογ χαρτί.

7. Στο ίδιο διάγραμμα χαράξτε τη θεωρητική καμπύλη του φίλτρου χρησιμοποιώντας τη σχέση

$$A = 20 \log \frac{K}{\sqrt{1+u^{2n}}} \text{dB} \tag{E14.5}$$

όπου

$$u = \frac{f_2}{f} \tag{E14.6}$$

K είναι η ενίσχυση του φίλτρου και f_2 είναι η συχνότητα αποκοπής και *n* ο βαθμός του φίλτρου, (*n* = 1).

8. Από την πειραματική καμπύλη απόκρισης βρείτε τη συχνότητα αποκοπής και την κλίση του φίλτρου.

9. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής του φίλτρου από τα στοιχεία του.

Ε14.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 15η

ΦΧΣ 2ου ΒΑΘΜΟΥ SALLEN-KEY ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Ε15.1 Σκοπός

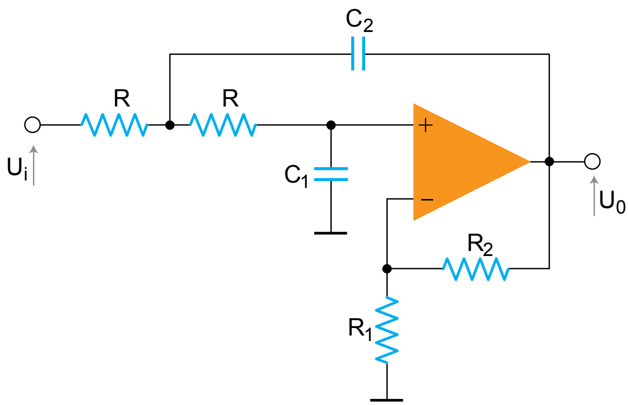
1. Να υπολογισθεί ΦΧΣ Sallen-Key 2ου βαθμού Butterworth, με ενίσχυση Κ.
2. Να χαραχθεί πειραματικά και θεωρητικά η καμπύλη απόκρισή του.

Ε15.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε15.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε15.1 δείχνει το ΦΧΣ Sallen-Key 2ου βαθμού με ενίσχυση Κ.



Σχ.Ε15.1. *ΦΧΣ Sallen-Key 2ου βαθμού με ενίσχυση Κ.*

Αποδεικνύεται ότι η συνάρτηση μεταφοράς του φίλτρου δίνεται από τη σχέση:

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{K}{\left(\frac{s}{\omega_1}\right)^2 + \alpha\left(\frac{s}{\omega_1}\right) + 1} \qquad \text{(E15.1)}$$

όπου α είναι συντελεστής που δίνεται σε πίνακα (συντελεστών Butterworth), το s = j ω και $\omega_1 = 2\pi f_1$, όπου f_1 είναι η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου, ίση με

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R\sqrt{C_1 C_2}} \tag{E15.2}$$

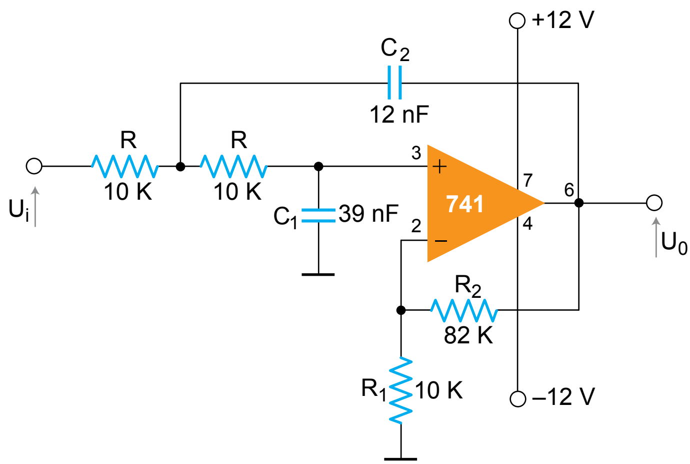
Τέλος, η ενίσχυση Κ δίνεται από τη σχέση

$$K = 1 + \frac{R_2}{R_1} \tag{E15.3}$$

Ε15.5 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Υπολογίστε ΦΧΣ 2ης τάξης, Butterworth (α=1.414), με ενίσχυση 10 και συχνότητα αποκοπής f_1 = 500 Hz.

2. Συνδεσμολογήστε το φίλτρο του Σχ.Ε15.2.



Σχ.Ε15.2. *ΦΧΣ 2ου βαθμού Sallen-Key Butterworth, με f1 =500 Hz, K=10.*

3. Συνδέστε στην είσοδο του φίλτρου γεννήτρια Χ.Σ και στη συχνότητα 50 Hz δώστε σήμα εισόδου με πλάτος v_i = 1 V p-p. Μετρήστε και καταγράψτε την τάση εξόδου του φίλτρου:

v_0 = V

4. Χωρίς να αλλάξετε την τάση εισόδου ρυθμίστε τη συχνότητα ώστε να επιτύχετε τάση εξόδου ίση με το 0.707 της τάσης εξόδου του βήματος 3 και σημειώστε τη συχνότητα αυτή:

$$f_1 = \text{Hz}$$

5. Διατηρώντας την τάση εισόδου του βήματος 3 σταθερή, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα.

f(Hz)	**$u=f/f_1$**	**v_0(V)**	**v_0/v_i**	**A(dB) πειρ**	**A(dB) θεω**
10					
30					
50					
70					
100					
300					
400					
500					
600					
700					
1 K					
3 K					
5 K					

6. Υπολογίστε την πειραματική καμπύλη του φίλτρου και συμπληρώστε τον πιο πάνω πίνακα, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$A = 20\log\left(\frac{V_0}{V_i}\right)\text{dB}$$

7. Υπολογίστε τη θεωρητική καμπύλη απόκρισης του φίλτρου και συμπληρώστε τον πιο πάνω πίνακα, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$A = 20\log\frac{K}{\sqrt{1+u^{2n}}}\text{dB}$$

όπου n είναι ο βαθμός του φίλτρου (*n=2* είναι στην περίπτωση αυτή) και

$$u = \frac{f}{f_1}$$

8. Χαράξτε στο ίδιο ημι-λογ χαρτί τις δυο καμπύλες απόκρισης.
9. Από την πειραματική καμπύλη απόκρισης βρείτε τη συχνότητα αποκοπής, την ενίσχυση του φίλτρου, καθώς και την κλίση του.
10. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής και την ενίσχυση του φίλτρου με βάση τα στοιχεία του κυκλώματος.

Ε15.6 Συμπεράσματα

Άσκηση 16η

ΦΥΣ 2ου ΒΑΘΜΟΥ SALLEN-KEY ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Ε16.1 Σκοπός

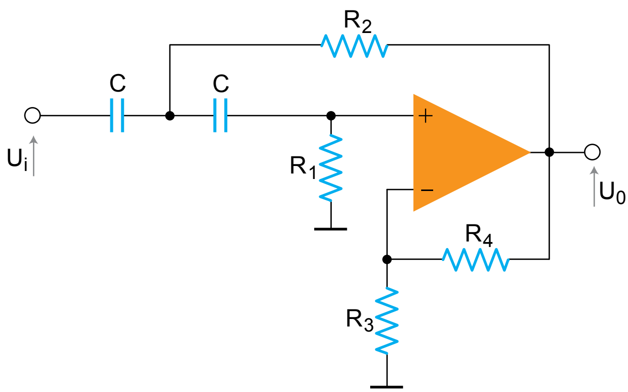
1. Να υπολογισθεί ΦΥΣ Sallen-Key Butterworth, 2ου βαθμού.
2. Να οικοδομηθεί το φίλτρο αυτό.
3. Να πάρουμε μετρήσεις και να χαραχθεί η καμπύλη απόκρισής του.

Ε16.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. Παλμογράφος διπλής δέσμης.

Ε16.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε16.1 δείχνει το ΦΥΣ Sallen-Key 2ου βαθμού. Αποδεικνύεται, ότι η συνάρτηση μεταφοράς του δίνεται από τη σχέση:



Σχ.Ε16.1. *ΦΥΣ 2ου Sallen-Key βαθμού.*

$$H(s)=\frac{V_0}{V_i}=\frac{K\left(\frac{s}{\omega_2}\right)^2}{\left(\frac{s}{\omega_2}\right)^2+\alpha\left(\frac{s}{\omega_2}\right)+1} \qquad (E16.1)$$

όπου $s = j\omega$ και $\omega_2 = 2\pi f_2$ όπου f_2 είναι η συχνότητα αποκοπής του φίλτρου, το K είναι η ενίσχυση του φίλτρου. Η συχνότητα αποκοπής και η ενίσχυση δίνονται από τους εξής τύπους:

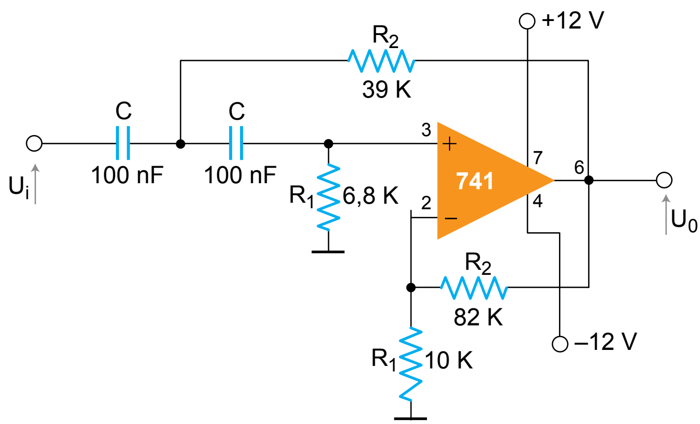
$$f_2 = \frac{1}{2\pi C\sqrt{R_1R_2}} \qquad \text{(E16.2)}$$

$$K = 1 + \frac{R_4}{R_3} \qquad \text{(E16.3)}$$

E16.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Να υπολογισθεί ΦΥΣ Butterworth με f_2 = 100 Hz και K=10.

2. Συνδεσμολογήστε το φίλτρο του Σχ.E16.2



Σχ.E16.2. *ΦΥΣ Sallen-Key 2ου βαθμού Butterworth, f2=100 Hz και K=10.*

3. Συνδέστε γεννήτρια Χ.Σ με τάση εισόδου 1 V p-p, συχνότητας 1 kHz και σημειώστε την αντίστοιχη τάση εξόδου.

$$v_0 = ...\text{V}$$

4. Μεταβάλλετε τη συχνότητα της γεννήτριας, διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή, όπως στο βήμα 3, μέχρις ότου η τάση εξόδου γίνει ίση με τα 0.707 της τάσης εξόδου του βήματος 3 και σημειώστε την αντίστοιχη συχνότητα.

$$f_2 = ...\ \text{Hz}$$

5. Με την τάση της γεννήτριας Χ.Σ σταθερή και ίση με εκείνη του βήματος 3, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα.

f(Hz)	**$u=f_2/f$**	**$v_0(V)$**	**v_0/v_i**	**A(dB) πειρ**	**A(dB) θεω**
10					
30					
50					
70					
80					
90					
100					
110					
120					
200					
300					
500					
700					
1 K					

6. Υπολογίστε την πειραματική καμπύλη απόκρισης του φίλτρου και συμπληρώστε τον πιο πάνω πίνακα, χρησιμοποιώντας τον τύπο

$$A = 20\log\left(\frac{V_0}{V_i}\right) dB$$

7. Υπολογίστε τη θεωρητική καμπύλη απόκρισης και συμπληρώστε τον πιο πάνω πίνακα, χρησιμοποιώντας τον τύπο

$$A = 20\log\frac{K}{\sqrt{1+u^{2n}}} dB$$

όπου $u = f_2 / f$ και n είναι ο βαθμός του φίλτρου (n = 2).

8. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί σχεδιάστε την πειραματική καμπύλη απόκρισης και βρείτε τη συχνότητα αποκοπής και την ενίσχυση του φίλτρου (από την πειραματική καμπύλη).

9. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής του φίλτρου και την ενίσχυσή του από τα στοιχεία του.

Ε16.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 17η

ΦΙΛΤΡΟ ΣΤΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ

Ε17.1 Σκοπός

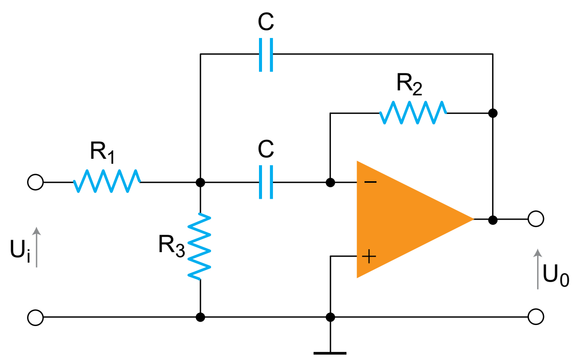
1. Να υπολογισθεί ένα φίλτρο στενής ζώνης διέλευσης (ΦΖΔ στενής).
2. Να ληφθούν μετρήσεις και να χαραχθεί η πειραματική και η θεωρητική καμπύλη απόκρισης.

Ε17.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε17.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε17.1 δείχνει το ΦΖΔ (στενής) πολλαπλών ανασυζεύξεων. Αποδεικνύεται, ότι η συνάρτηση μεταφοράς του δίνεται από τη σχέση:



Σχ.Ε17.1. *Φίλτρο στενής ζώνης διέλευσης πολλαπλών ανασυζεύξεων.*

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} = -\frac{\frac{K}{Q}\left(\frac{s}{\omega_0}\right)}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + \frac{1}{Q}\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1} \qquad \text{(E17.1)}$$

όπου, s = jω, Q ο συντελεστής ποιότητας ή συντελεστής μεγέθυνσης και $\omega_0 = 2\pi f_0$, f_0 , η συχνότητα συντονισμού του φίλτρου.

Η συχνότητα συντονισμού του φίλτρου δίνεται από τη σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C}\sqrt{\frac{1}{R_2}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}\right)} \qquad \text{(E17.2)}$$

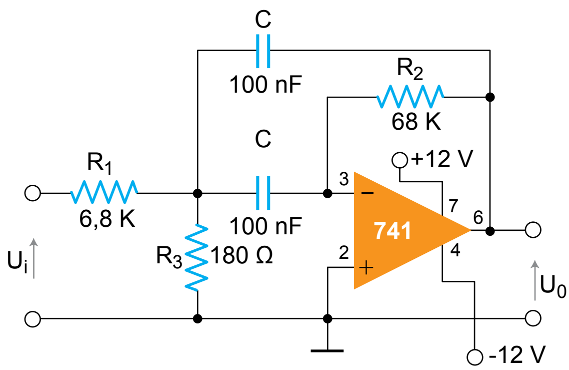
Η ενίσχυση στη συχνότητα f_0 δίνεται από τη σχέση:

$$K = \frac{R_2}{2R_1} \qquad \text{(E17.3)}$$

Ε17.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Υπολογίστε ΦΖΔ (στενής) με f_0=500 Hz, ενίσχυση 5 και Q=10.

2. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.17.2 και συνδέστε στην είσοδό του γεννήτρια Χ.Σ και στην έξοδό του CRO.



Σχ.Ε17.2. *ΦΖΔ (στενής), f_0=500, Q=10 & K=5.*

3. Δώστε από τη γεννήτρια σήμα εισόδου σταθερού πλάτους 1 V p-p. Μεταβάλετε τη συχνότητα εισόδου, μέχρις ότου η τάση εξόδου γίνει μεγίστη και σημειώστε την τάση και τη συχνότητα αυτή.

v_0 = ... V , f_0 = ... Hz

4. Μεταβάλετε τη συχνότητα κάτω και πάνω από τη συχνότητα συντονισμού μέχρις ότου η τάση εξόδου γίνει ίση με τα 0.707 της τάσης εξόδου του βήματος 3 και καταγράψτε τις αντίστοιχες συχνότητες.

f_1 = … Hz, f_2 = ... Hz

5. Υπολογίστε το εύρος ζώνης διέλευσης του φίλτρου χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$BW = f_2 - f_1$$

6. Υπολογίστε το Q του φίλτρου χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$Q = \frac{f_0}{BW}$$

7. Υπολογίστε το Q από τα στοιχεία του κυκλώματος χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$Q = \frac{\omega_0 C R_2}{2}$$

8. Διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή, βήμα 3, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα:

f(Hz)	**$u=f/f_0$**	**v_0(V)**	**v_0/v_i**	**A(dB) πειρ**	**A(dB) θεω**
10					
30					
50					
100					
200					
300					
400					
500					
600					
800					
1 K					
2 K					
5 K					
10 K					

9. Υπολογίστε την καμπύλη απόκρισης του φίλτρου και συμπληρώστε την αντίστοιχη στήλη του πίνακα χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$A = 20\log\left(\frac{V_0}{V_i}\right)\text{dB}$$

10. Υπολογίστε και συμπληρώστε την αντίστοιχη στήλη του πίνακα χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$A = 20\log\frac{\left(\frac{K}{Q}\right)u}{\sqrt{1+u^{2n}}}$$

όπου, $u = f\,/\,f_0$ και n ο βαθμός του φίλτρου.

11. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί σχεδιάστε την πειραματική και τη θεωρητική καμπύλη απόκρισης του φίλτρου.
12. Από την πειραματική καμπύλη απόκρισης, βρείτε τη συχνότητα συντονισμού, τις δυο συχνότητες μισής ισχύος, την ενίσχυση του φίλτρου στη συχνότητα συντονισμού και το Q του κυκλώματος. Επίσης βρείτε τις κλίσεις της καμπύλης απόκρισης με βάση τα στοιχεία του κυκλώματος καθώς και την ενίσχυσή του. Η κλίση μετράται σε dB/οκτάβα. Οκτάβα: διπλασιασμός συχνότητας.

Ε17.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 18η

ΦΙΛΤΡΟ ΣΤΕΝΗΣ ΖΩΝΗΣ ΑΠΟΚΟΠΗΣ

Ε18.1 Σκοπός

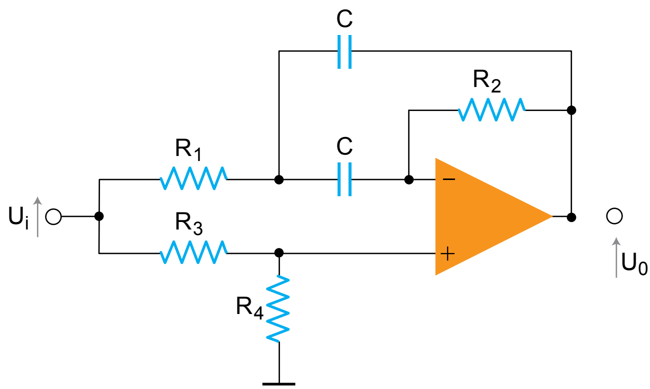
1. Να υπολογισθεί φίλτρο στενής ζώνης αποκοπής (ΦΣΖΑ).
2. Να χαραχθεί πειραματικά και θεωρητικά η καμπύλη απόκρισής του ως προς τη συχνότητα.

Ε18.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε18.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε18.1 δείχνει ένα φίλτρο στενής ζώνης αποκοπής ή φίλτρο δοντιού. Αποδεικνύεται, ότι η συνάρτηση μεταφοράς του δίνεται από τη σχέση:



Σχ.Ε18.1 *ΦΣΖΑ ή φίλτρο δοντιού.*

$$H(s) = \frac{V_0}{V_i} = \frac{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + 1}{\left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2 + \frac{1}{Q}\left(\frac{s}{\omega_0}\right) + 1} \qquad (E18.1)$$

όπου, s = jω και $\omega_0 = 2\pi f_0$, f_0, η συχνότητα συντονισμού του φίλτρου και Q ο συντελεστής ποιότητας.

Η συχνότητα συντονισμού δίνεται από τη σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi C\sqrt{R_1 R_2}} \qquad \text{(E18.2)}$$

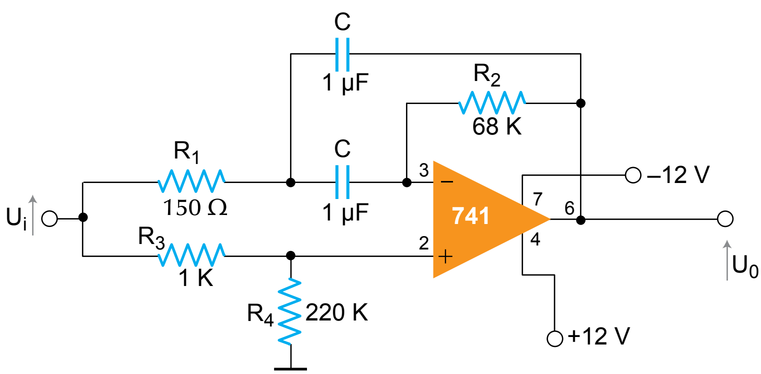
Ο συντελεστής ποιότητας δίνεται από την εξίσωση,

$$Q = \frac{2}{\omega_0 R_2 C} \qquad \text{(E18.3)}$$

Ε18.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Να υπολογισθεί φίλτρο δοντιού που θα κόβει τα 50 Hz και θα έχει Q=10.

2. Συνδεσμολογήστε το πιο κάτω φίλτρο.



Σχ.Ε18.2. *Φίλτρο δοντιού με f_0=50 και Q=10.*

3. Στην είσοδο του φίλτρου συνδέστε γεννήτρια με τάση εισόδου 1 V p-p σταθερή και στην έξοδο του φίλτρου CRO. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας μέχρις ότου δείτε στον παλμογράφο μια ελάχιστη τάση (βύθισμα). Σημειώστε τη συχνότητα και την αντίστοιχη τάση.

f_0 = ... Hz, $\qquad$ v_0 = ... mV

4. Υπολογίστε την ενίσχυση στο συντονισμό χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$A = 20\log\left(\frac{V_0}{V_i}\right)\ \text{dB}$$

5. Μεταβάλετε τη συχνότητα εισόδου πάνω και κάτω από τη συχνότητα συντονισμού, διατηρώντας την τάση σταθερή, όπως στο βήμα 3, μέχρις ότου η τάση εξόδου γίνει ίση με τα 0.707 της τάσης του βήματος 3. Σημειώστε την τάση αυτή και τις συχνότητες αυτές:

f_1 = ... Hz, f_2 = ... Hz

6. Υπολογίστε τη συχνότητα συντονισμού με βάση τα στοιχεία του κυκλώματος.

7. Υπολογίστε το Q του κυκλώματος, χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

8. Βρείτε το εύρος διέλευσης συχνοτήτων του φίλτρου (BW = $f_2 - f_1$).

9. Με την τάση εισόδου σταθερή και ίση με 1 V p-p, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

f(Hz)	**v_0(V)**	**v_0/v_i**	**A(dB)**
5			
7			
10			
20			
30			
40			
45			
50			
55			
60			
70			
100			
300			
500			

10. Υπολογίστε την καμπύλη απόκρισης του φίλτρου και συμπληρώστε τον πιο πάνω πίνακα, χρησιμοποιώντας τον πιο κάτω τύπο:

$$A = 20\log\left(\frac{V_0}{V_i}\right) \text{dB}$$

11. Χαράξτε την πειραματική καμπύλη απόκρισης του φίλτρου.

12. Από αυτή την καμπύλη του φίλτρου βρείτε τη συχνότητα δοντιού, τον υποβιβασμό στη συχνότητα αυτή, το εύρος διέλευσης συχνότητας και το Q του φίλτρου.

13. Υπολογίστε το Q του φίλτρου με βάση τις τιμές του κυκλώματος.

Ε18.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 19η

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ COLPITTS

Ε19.1 Σκοπός

1. Να υπολογισθεί και να κατασκευαστεί ταλαντωτής Colpitts.
2. Να μελετηθεί η συμπεριφορά του δικτυώματος ανασύζευξης.
3. Να μελετηθεί ο ταλαντωτής.

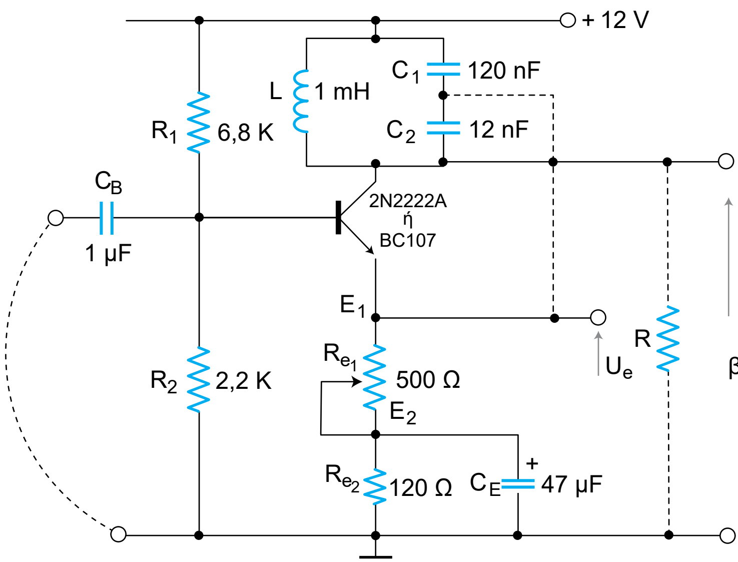
Ε19.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε19.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Για να ξεκινήσουν οι ταλαντώσεις σε έναν ταλαντωτή, η απολαβή A_v του ενισχυτή πρέπει να είναι αρκετή ώστε να υπερνικά τις απώλειες που οφείλονται στο δικτύωμα ανασύζευξης. Επίσης, το σήμα ανασύζευξης σε μια ορισμένη συχνότητα, που αποτελεί τη συχνότητα ταλάντωσης, πρέπει να είναι σε φάση με το σήμα εισόδου.

Το Σχ.Ε19.1 δείχνει τον ταλαντωτή Colpitts με BJT. Αποδεικνύεται ότι η συχνότητα ταλάντωσης δίνεται από τη σχέση:



$$\beta = \frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{12}{12+120} = 0{,}091 \simeq 0{,}1$$

Σχ.Ε.19.1. *Ταλαντωτής Colpitts με BJT.*

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_0}} \qquad \text{(E19.1)}$$

όπου,

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \qquad \text{(E19.2)}$$

Για να έχουμε συντήρηση των ταλαντώσεων, πρέπει:

$$A_v \geq \frac{C_2}{C_1} \qquad \text{(E19.3)}$$

E19.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε τον ταλαντωτή του Σχ.Ε19.1.

2. Χωρίς να έχετε βραχυκυκλώσει τον εκπομπό με το μέσο μεταξύ των δύο πυκνωτών (διακεκομμένη γραμμή), μετρήστε με τον CRO (ή με ΗΒ) και καταγράψτε τις dc τάσεις στα διάφορα σημεία του κυκλώματος (βάση, εκπομπό, συλλέκτη)

V_{CE1} = ….V, V_{BE1} =…..V, V_{CE2} =…. V

3. Συνδέστε στην είσοδο του ενισχυτή γεννήτρια Χ.Σ, και δώστε ένα τέτοιο σήμα, ώστε στην έξοδο, στη συχνότητα συντονισμού (που είναι γύρω στα 50 kHz), το σήμα να μην είναι παραμορφωμένο και να έχει μέγιστο. Σημειώστε τη συχνότητα και την τάση εξόδου.

f_0 = … kHz, v_i = ... V, v_0= … V

4. Υπολογίστε την ενίσχυση του ενισχυτή στη συχνότητα συντονισμού,

$$A_v = \frac{v_0}{v_i}$$

5. Διατηρώντας το σήμα εισόδου σταθερό και ίσο με 1 V p-p πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα:

f(KHz)	v_0(V)	v_0/v_i	A(dB)
5			
7			
10			
20			
30			
40			
45			
50			
55			
70			
100			
300			
500			

6. Σχεδιάστε σε ημι-λογ χαρτί την καμπύλη απόκρισης συχνοτήτων του ενισχυτή.
7. Από την καμπύλη αυτή βρείτε τη συχνότητα συντονισμού, τις συχνότητες μισής ισχύος, το εύρος διέλευσης και το Q του κυκλώματος και καταγράψτε τις.
8. Βραχυκυκλώστε τον πυκνωτή εισόδου (1 μF) με τη γη.
9. Βραχυκυκλώστε το μέσο μεταξύ των δύο πυκνωτών με τον εκπομπό.
10. Με τον CRO (CH1 & CH2) παρατηρήστε και τις κυματομορφές του.
11. Ρυμίστε το ποτενσιόμετρο R_{E1} ώστε να έχετε έξοδο με τη μικρότερη δυνατή παραμόρφωση, και σχεδιάστε τις αντίστοιχες κυματομορφές στο ειδικό χαρτί.
12. Μετρήστε τη συχνότητα ταλάντωσης.
13. Συνδέστε στην έξοδο (συλλέκτη-γη) διάφορες αντιστάσεις και μελετήστε την επίδραση στη συχνότητα ταλάντωσης.
14. Βρείτε την αντίσταση φόρτου (μεταβλητή αντίσταση ή κιβώτιο αντιστάσεων), ώστε η τάση εξόδου να γίνει η μισή από όση είναι χωρίς αντίσταση. Ποια είναι η σημασία της μέτρησης αυτής;

15. Μεταβάλετε την τάση τροφοδοσίας (στην περιοχή 9-15 V) και μελετήστε την επίδραση στον ταλαντωτή.

16. Ποιος είναι ο ρόλος του ποτ. R_{E1} και του C_E.

17. Υπολογίστε θεωρητικά τη συχνότητα ταλάντωσης.

Ε19.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 20ή

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ CLAPP

Ε20.1 Σκοπός

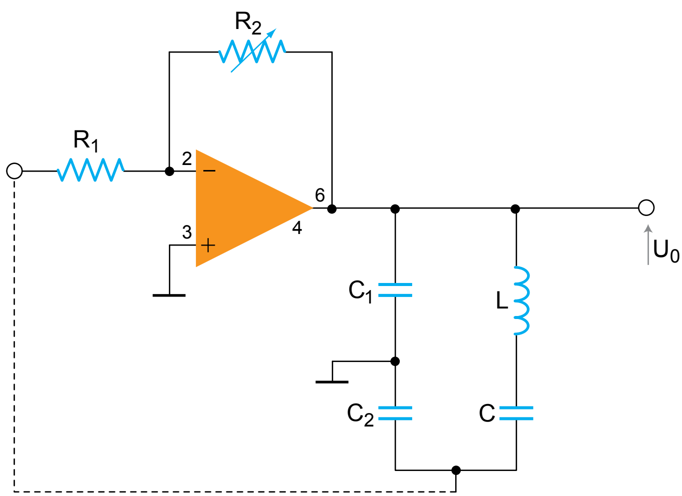
1. Ο υπολογισμός του ταλαντωτή Clapp.
2. Η μελέτη του δικτυώματος ανασύζευξης.
3. Η μελέτη της συμπεριφοράς του ταλαντωτή.

Ε20.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια συχνοτήτων.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε20.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Τροποποίηση του ταλαντωτή Colpitts κατά την οποία ένας πυκνωτής συνδέεται σε σειρά με το πηνίο και δίνει τον *ταλαντωτή Clapp,* όπως δείχνει το Σχ.Ε20.1. Αποδεικνύεται, ότι η συχνότητα ταλάντωσής του δίνεται από τη σχέση:



Σχ.Ε20.1. *Ταλαντωτής Clapp με ΤΕ.*

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_0}} \qquad \text{(E20.1)}$$

όπου,

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C} \qquad (E20.2)$$

Για να έχει ο ταλαντωτής συντηρούμενες ταλαντώσεις θα πρέπει να ισχύει:

$$A_v \geq 1 + \frac{C_1}{C_2} \qquad (E20.3)$$

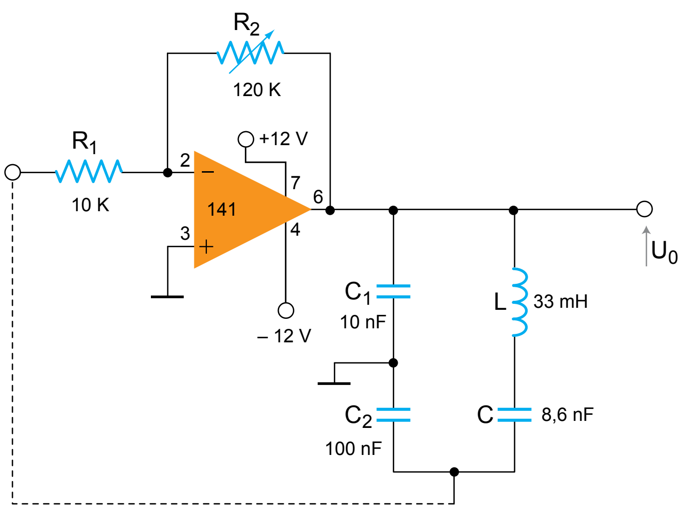
Η ενίσχυση ή απολαβή τάσης A_v του ενισχυτή δίνεται από τη γνωστή σχέση:

$$A_v = -\frac{R_2}{R_1} \qquad (E20.4)$$

E20.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Να υπολογιθεί ταλαντωτής Clapp σε ΤΕ με συχνότητα συντονισμού 50 kHz.

2. Συνδεσμολογήστε τον παρακάτω ταλαντωτή Clapp.



Σχ.E20.1. *Ταλαντωτής Clapp με ΤΕ.*

3. Χωρίς να έχετε συνδέσει την είσοδο του ενισχυτή με το κάτω μέρος του C_2 δώστε σήμα από τη γεννήτρια σταθερού πλάτους 1V p-p.
4. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας (γύρω στα 50 kHz) μέχρις ότου η τάση στην έξοδο του ενισχυτή γίνει μέγιστη. Καταγράψτε τις αντίστοιχες τιμές.

v_i = 1 V, v_0 = ... V, f_0 = ... kHz

5. Υπολογίστε την ενίσχυση του ενισχυτή.
6. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας (κρατώντας σταθερή τάση εισόδου 1V p-p) κάτω και πάνω από τη συχνότητα συντονισμού f_0 μέχρις ότου η τάση εξόδου του ενισχυτή γίνει ίση με τα 0.707 της τάσης εξόδου του βήματος 4. Σημειώστε τις αντίστοιχες συχνότητες

f_1 = ... kHz, f_2 = ... kHz

7. Υπολογίστε το εύρος διέλευσης και το Q του κυκλώματος.
8. Υπολογίστε θεωρητικά τη συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος από τα στοιχεία του.
9. Διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή, όπως στο βήμα 4, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα.

f(KHz)	**v_0(V)**	**v_0/v_i**	**A(dB)**
5			
7			
10			
20			
30			
40			
45			
50			
55			
70			
100			
300			
500			

10. Σχεδιάστε σε ημι-λογ χαρτί την καμπύλη απόκρισης συχνότητας του ενισχυτή.

11. Από την καμπύλη απόκρισης βρείτε τη συχνότητα συντονισμού, τις συχνότητες μισής ισχύος, το εύρος διέλευσης και το Q του κυκλώματος και καταγράψτε τα.

12. Συνδέστε την είσοδο του ενισχυτή με το κάτω μέρος του C_2 (η γεννήτρια εκτός). Μεταβάλλετε το ποτ. R_2 μέχρις ότου στην έξοδο πάρετε ημιτονικό σήμα με τη μικρότερη παραμόρφωση.

13. Σχεδιάστε την κυματομορφή εξόδου στο ειδικό χαρτί όπως αυτή παρουσιάζεται στον CRO.

14. Μετρήστε τη συχνότητα του σήματος εξόδου.

Ε20.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 21η

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ HARTLEY

Ε21.1 Σκοπός

1. Να υπολογισθεί ταλαντωτής Hartley.
2. Να μελετηθεί ο ταλαντωτής αυτός.

Ε21.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε21.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο ταλαντωτής Hartley, με ΤΕ, Σχ.Ε21.1, μοιάζει με τον ταλαντωτή Colpitts, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιεί δύο πηνία L_1 και L_2, αντί δύο πυκνωτών. Αποδεικνύεται, ότι η συχνότητα ταλάντωσής του δίνεται από τη σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C}} \qquad \text{(E21.1)}$$

όπου,

$$L_0 = L_1 + L_2 \qquad \text{(E21.2)}$$

Για να είναι συντηρούμενες οι ταλαντώσεις πρέπει να ισχύει η σχέση:

$$|A_v| \geq 1 + \frac{L_1}{L_2} \qquad \text{(E21.2)}$$

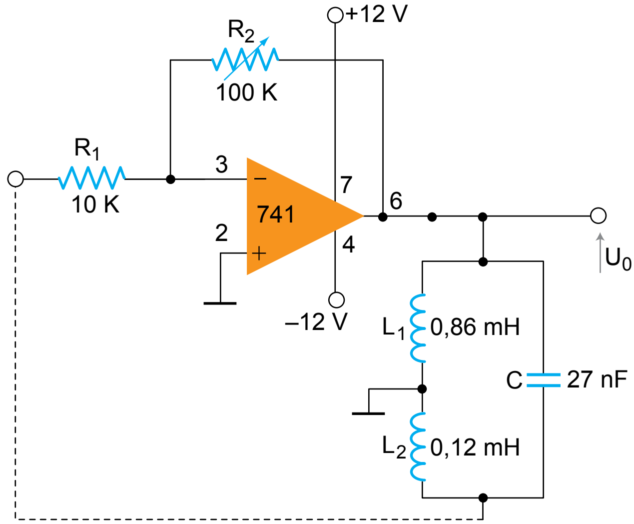
όπου, A_v είναι η ενίσχυση του ενισχυτή και στην περίπτωση αυτή είναι:

$$|A_v| = \frac{R_2}{R_1} \qquad \text{(E21.3)}$$

20.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Να υπολογισθεί ταλαντωτής Hartley με ΤΕ σε συχνότητα συντονισμού 30 kHz.

2. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε21.1.



Σχ.Ε21.1. *Ταλαντωτής Hartley με ΤΕ.*

3. Χωρίς να έχετε συνδέσει την είσοδο του ενισχυτή με το κάτω μέρος του L2 μεταξύ των πηνίων (ανασύζευξη), συνδέστε στην είσοδο του ενισχυτή γεννήτρια Χ.Σ και στην έξοδό του CRO. Δώστε σήμα σταθερού πλάτους 1 V p-p στην είσοδο του ενισχυτή και μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας (γύρω στα 30 kHz), μέχρις ότου να πάρετε μέγιστη τάση εξόδου. Καταγράψτε τις αντίστοιχες τιμές.

v_i =1 V, v_0 = ... V, f_0 = ... Hz

4. Υπολογίστε την ενίσχυση (απολαβή τάσης) στη συχνότητα αυτή.

5. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας (με σταθερή τάση 1 V p-p) πάνω και κάτω από τη συχνότητα συντονισμού, βήμα 4, και σημειώστε τις συχνότητες αυτές.

f_1 = ... kHz f_2 = ... kHz

6. Υπολογίστε το εύρος ζώνης διέλευσης και το Q του κυκλώματος.

7. Υπολογίστε θεωρητικά τη συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος με βάση τα στοιχεία του.

8. Διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή, όπως στο βήμα 3, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα.

f(KHz)	v_0(V)	v_0/v_i	A(dB)
3			
5			
7			
10			
20			
25			
30			
35			
50			
70			
100			
200			
300			

9. Σχεδιάστε σε ημι-λογ χαρτί την πειραματική καμπύλη απόκρισης κατά συχνότητα του ενισχυτή.
10. Από την καμπύλη αυτή βρείτε τη συχνότητα συντονισμού, τις συχνότητες μισής ισχύος, το εύρος διέλευσης και το Q του κυκλώματος και καταγράψτε τα.
11. Συνδέστε την είσοδο του ενισχυτή με το κάτω μέρος του L_2 (με τη γεννήτρια εκτός). Μεταβάλετε το ποτ. R_2 μέχρις ότου στην έξοδο πάρετε ημιτονικό σήμα με τη μικρότερη δυνατή παραμόρφωση.
12. Σχεδιάστε στο ειδικό χαρτί την κυματομορφή εξόδου, όπως παρουσιάζεται αυτή στον CRO.
13. Μετρήστε τη συχνότητα του σήματος εξόδου.

Ε21.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 22η

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ WIEN

E22.1 Σκοπός

1. Υπολογισμός του ταλαντωτή Wien.
2. Μελέτη του δικτυώματος Wien.
3. Μελέτη του συνδυασμού του δικτυώματος Wien με ΤΕ για τη δημιουργία ταλαντωτή.

E22.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

E22.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο ταλαντωτής γέφυρας Wien είναι μια μορφή ταλαντωτή RC. Το δικτύωμα RC χρησιμοποιείται ως δικτύωμα επιλογής συχνοτήτων. Το δικτύωμα υποβιβάζει το σήμα εισόδου στην έξοδό του κατά 1/3.
Αποδεικνύεται ότι η συχνότητα συντονισμού του δικτυώματος δίνεται από τη σχέση:

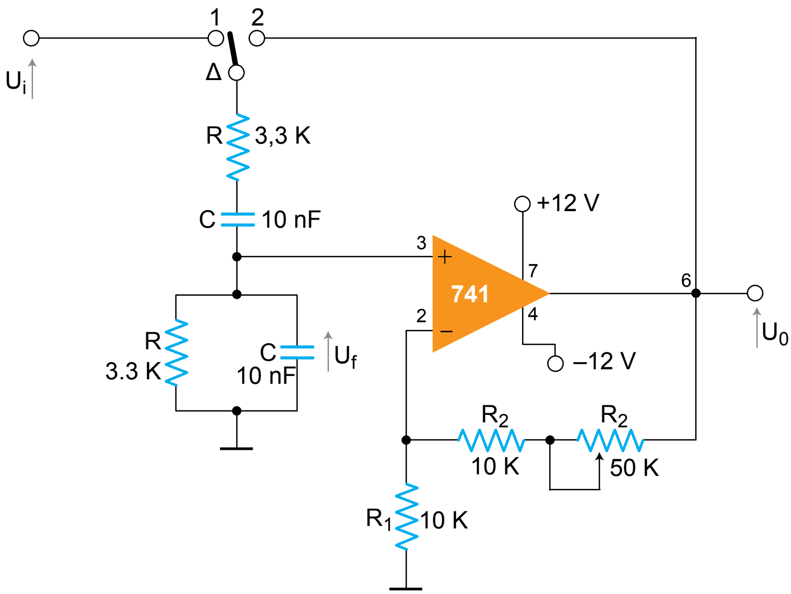
$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \qquad \text{(E22.1)}$$

Για να υπάρχει συντήρηση των ταλαντώσεων πρέπει η ενίσχυση του ενισχυτή να είναι:

$$A_v \geq 3 \qquad \text{(E22.2)}$$

Το Σχ.E22.1 δείχνει τον ταλαντωτή Wien με ΤΕ. Το δικτύωμα στη συχνότητα συντονισμού δημιουργεί διαφορά φάσης 0° μεταξύ εισόδου και εξόδου και επομένως ο ΤΕ πρέπει να συνδεσμολογηθεί, ώστε να μην κάνει αναστροφή του σήματος (μη αναστρέφων ενισχυτής). Επομένως, η ενίσχυση του ενισχυτή δίνεται από τη σχέση:

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} \qquad \text{(E22.3)}$$



Σχ.Ε22.1. *Ταλαντωτής Wien με ΤΕ.*

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Υπολογίστε ταλαντωτή Wien με ΤΕ με συχνότητα ταλάντωσης 5 kHz. Πάρτε C=10 nF και R_1 = 10 kΩ.

2. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ. Ε22.1.

3. Με το διακόπτη Δ στη θέση 1 συνδέστε στην είσοδό του κυκλώματος γεννήτρια Χ.Σ με τάση εισόδου πλάτους v_i = 3 V και CRO στην έξοδό του (v_f).

4. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας μέχρι να βρείτε τη μέγιστη τάση εξόδου του δικτυώματος και σημειώστε τις παρακάτω τιμές:

v_i = 3 V, v_f = ... V, f_0 = ... kHz

5. Υπολογίστε τον υποβιβασμό του δικτυώματος, δηλ.

$$\beta = \frac{v_f}{v_i} = \ldots$$

6. Διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή και ίση με 3 V p-p, πάρτε μετρήσεις και συμπληρώστε τον πιο κάτω πίνακα.

f(KHz)	v_f(V)	β= v_f/v_i	β(dB)
0.5			
0.7			
1			
3			
4			
4.5			
5			
5.5			
7			
10			
30			
40			
50			

7. Σχεδιάστε σε ημι-λογ χαρτί την πειραματική καμπύλη απόκρισης του δικτυώματος Wien.
8. Από την καμπύλη αυτή βρείτε τη συχνότητα συντονισμού, τις συχνότητες μισής ισχύος, το εύρος διέλευσης και το Q του κυκλώματος.
9. Βρείτε τον υποβιβασμό του δικτυώματος στη συχνότητα συντονισμού.
10. Υπολογίστε θεωρητικά από τα στοιχεία του κυκλώματος, τη συχνότητα συντονισμού του δικτυώματος.
11. Με τη γεννήτρια εκτός, βάλτε το διακόπτη Δ στη θέση 2. Μεταβάλετε το ποτ. R_2, ώστε στην έξοδο να έχετε ημιτονικό σήμα με τη μικρότερη δυνατή παραμόρφωση. Σχεδιάστε στο ειδικό χαρτί την τάση εξόδου και την τάση εισόδου του ΤΕ. Κατάγραψτε τις τάσεις αυτές και τη συχνότητά τους.

Ε22.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 23η

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΜΕΤΑΘΕΣΗΣ ΦΑΣΗΣ

Ε23.1 Σκοπός

1. Η μελέτη του δικτυώματος μετάθεσης φάσης.
2. Η μελέτη του συνδυασμού του δικτυώματος μετάθεσης φάσης με ενισχυτή για τη δημιουργία ταλαντωτή.

Ε23.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε23.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο *ταλαντωτής μετάθεσης* φάσης χρησιμοποιεί ένα δυκτύωμα τριών RC που δημιουργούν μεταβολή φάσης 180° (60° το καθένα). Επομένως, για να έχουμε ταλάντωση ο ενισχυτής πρέπει να δίνει άλλες 180° διαφορά φάσης, ώστε να έχουμε θετική ανασύζευξη (360° ή 0°).
Ο υποβιβασμός του δικτύωματος στη συχνότητα ταλάντωσης αποδεικνύεται ότι είναι:

$$\beta = \frac{v_f}{v_i} = \frac{1}{29} \qquad \text{(E23.1)}$$

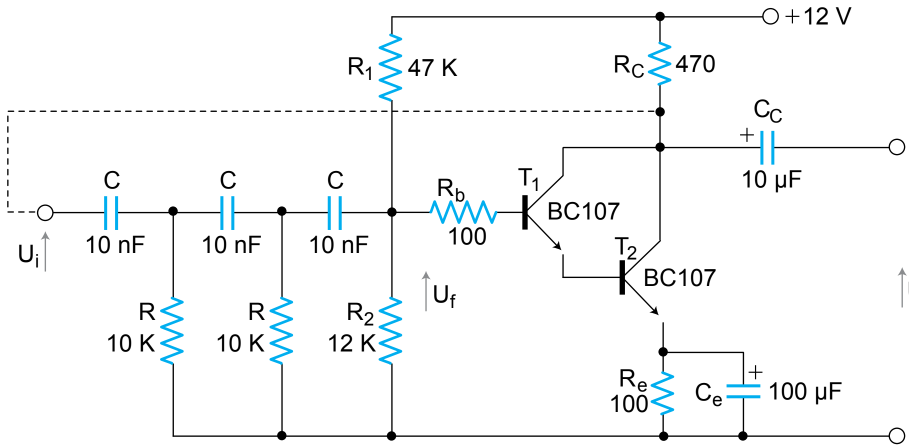
η συχνότητα ταλάντωσης f_0 δίνεται από τη σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \qquad \text{(E23.2)}$$

Η ενίσχυση που πρέπει να έχει ο ενισχυτής για να έχουμε συντήρηση ταλαντώσεων πρέπει να είναι:

$$A_v \geq 29 \qquad \text{(E23.3)}$$

Το Σχ.Ε23.1 δείχνει τον ταλαντωτή μετάθεσης φάσης με BJT.



Σχ.Ε23.1. *Ταλαντωτής μετάθεσης φάσης με BJT, για f0@650 Hz.*

Η ενίσχυση του ενισχυτή δίνεται από τη σχέση:

$$\left|A_v\right| = \frac{h_{fe}R_c}{h_{ie}} \qquad (E23.4)$$

Στα τα πιο πάνω, το R παριστάνει τον παράλληλο συνδυασμό των αντιστάσεων R_1, R_2, δηλ.

$$R = R_1 \;//\; R_2 \cong 10\ k\Omega$$

Ο ενισχυτής αποτελείται από ζεύγος Darlington, αντί ενός μόνο BJT, ώστε η αντίσταση εισόδου του ενισχυτή να είναι πολύ μεγάλη. Η αντίσταση R_b είναι μικρή αντίσταση που μπαίνει για να σταματά ανεπιθύμητες ταλαντώσεις σε υψηλή συχνότητα.

Ε23.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε23.1, χωρίς να συνδέσετε την είσοδο του δικτυώματος με το συλλέκτη του τρανζίστορ.

2. Συνδέστε στην είσοδο γεννήτρια τάσης 5 V p-p και στην έξοδό (v_f) CRO.

3. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας μέχρις ότου η διαφορά φάσης στην έξοδο του δικτυώματος RC να γίνει 180°. Σημειώστε την τάση αυτή και την αντίστοιχη συχνότητα:

$v_i = 5$ V, $\qquad v_f = \ldots$ V, $\qquad f_0 = \ldots$kHz,

4. Υπολογίστε το λόγο

$$\beta = \frac{v_f}{v_i} \quad \text{και} \quad \beta\ (dB) = \ldots$$

5. Διατηρώντας την τάση εισόδου σταθερή, όπως στο βήμα 2, μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας και πάρτε μετρήσεις για να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα:

f(Hz)	**v_f(V)**	**$\beta = v_f/v_i$**	**β(dB)**
10			
30			
50			
70			
100			
300			
500			
600			
650			
700			
1K			
3K			
10K			
30K			

6. Σχεδιάστε την καμπύλη απόκρισης συχνότητα του δικτυώματος σε ημιλογ χαρτί.

7. Από την καμπύλη αυτή βρείτε τη συχνότητα συντονισμού και τον υποβιβασμό του δικτυώματος στη συχνότητα αυτή. Από την καμπύλη αυτή πώς συμπεραίνουμε τι δικτύωμα έχουμε;

8. Υπολογίστε θεωρητικά από τις τιμές του κυκλώματος τη συχνότητα συντονισμού.

9. Ενώστε την είσοδο του δικτυώματος με το συλέκτη του τρανζίστορ (η γεννήτρια εκτός).

10. Παρατηρήστε την τάση εξόδου στον παλμογράφο. Σχεδιάστε την στο ειδικό χαρτί.

11. Μετρήστε τη συχνότητά της.

12. Είναι η κυματομορφή παραμορφωμένη; Αν ναι γιατί;

13. Πώς μπορούμε να βελτιώσουμε την κυματομορφή εξόδου;

14. Ελαττώστε σταδιακά την τάση V_{cc}, ώστε μόλις να έχουμε συντήρηση των ταλαντώσεων. Σχεδιάστε την κυματομορφή της αντίστοιχης τάσης εξόδου.

Ε23.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 24η

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΜΕ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟ

Ε24.1 Σκοπός

1. Να κατασκευσθεί ταλαντωτής με κρύσταλλο.
2. Να μετρηθούν τα χαρακτηριστικά της εξόδου του.

Ε24.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια συχνοτήτων
2. CRO διπλής δέσμης.

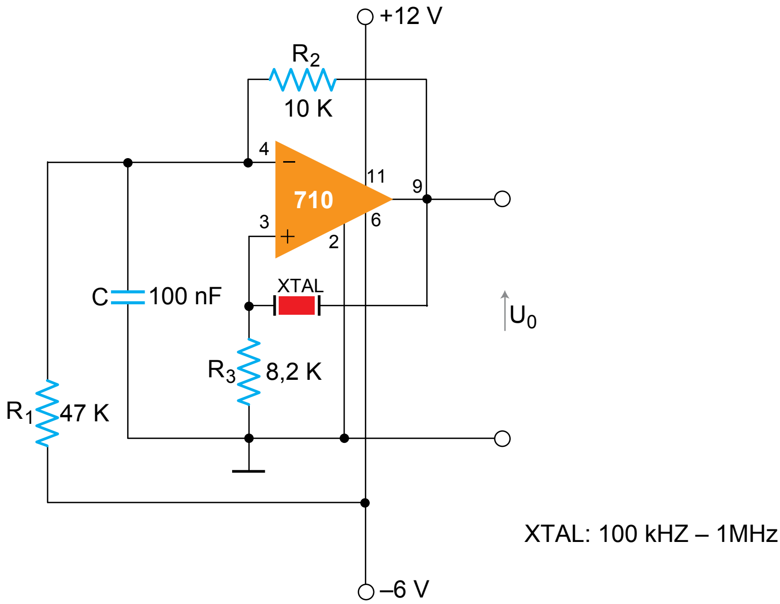
Ε24.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η σταθερότητα της συχνότητας ενός ταλαντωτή καθορίζεται κυρίως από το Q του συντονιζόμενου κυκλώματος. Αν το Q είναι μεγάλο τότε και η σταθερότητα της συχνότητας ταλάντωσης θα είναι πολύ καλή. Οι κρυσταλλικοί ταλαντωτές χρησιμοποιούνται ευρύτατα εκεί που απαιτείται πολύ σταθερή συχνότητα ταλάντωσης.

Το ισοδύναμο κύκλωμα ενός κρυστάλλου χαλαζία (quartz) είναι συνδυασμός συντονιζόμενου κυκλώματος σειράς και παράλληλου κυκλώματος. Η παράλληλη συχνότητα συντονισμού είναι ελαφρώς υψηλότερη από τη συχνότητα συντονισμού σειράς, αλλά για τις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να θεωρηθούν ότι είναι ίδιες. Λόγω αυτής τη συμπεριφοράς του κρυστάλλου, δηλ. του ότι συντονίζει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους στο βρόχο ανασύζευξης για να δημιουργήσουμε ταλαντώσεις. Με τους κρυστάλλους μπορεί να έχουμε Q μέχρι 10000 λόγω των μικρών εσωτερικών τους απωλειών. Οι συχνότητες συντονισμού των κρυστάλλων είναι από 100 kHz έως μερικές δεκάδες MHz.

Ε24.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του κρυσταλλικού ταλαντωτή του Σχ.Ε24.1.



Σχ.Ε24.1. *Κρυσταλλικός ταλαντωτής με τετραγωνικούς παλμούς εξόδου.*

2. Παρατηρήστε και σχεδιάστε στο ειδικό χαρτί την κυματομορφή εξόδου του κυκλώματος.

3. Μετρήστε το πλάτος και τη συχνότητα της τάσης εξόδου του.

v_0 = ... V, f_0 = ... kHz

4. Μετρήστε το χρόνο ανύψωσης (rise time) και πτώσης (fall time) του παλμού.

t_r = ... t_f = ...

Ε24.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 25η

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΩΝ ΠΑΛΜΩΝ ΜΕ ΤΟ 555

E25.1 Σκοπός

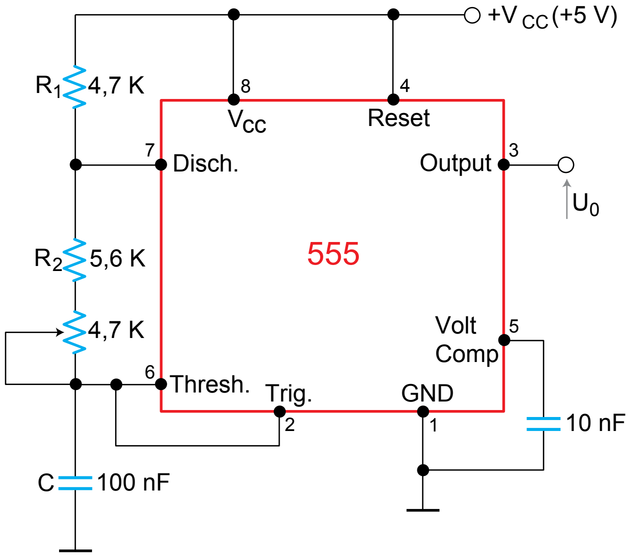
1. Να υπολογισθεί γεννήτρια τετραγωνικών παλμών
2. Να κατασκευαστεί μια τέτοια γεννήτρια.
3. Να μετρηθούν τα χαρακτηριστικά της.

E25.2 Συσκευές

1. CRO διπλής δέσμης.

E25.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε25.1 δείχνει το 555 συνδεσμολογημένο ως γεννήτρια τετραγωνικών παλμών, δηλ. σαν αυτοδιεγειρόμενος πολυδονητής. Ο πυκνωτής C φορτίζεται μέσω των αντιστάσεων R_1 και R_2 και εκφορτίζεται μόνο μέσω της R_2. Όταν ο πυκνωτής φορτίζεται, η έξοδος είναι H (high), ενώ όταν εκφορτίζεται είναι L (low). Η αντίσταση $R_1 + R_2$ δημιουργεί το χρόνο t_1 ενώ η R_2 το χρόνο t_2 του παλμού.



Σχ.Ε25.1. *Γεννήτρια τετραγωνικών παλμών με το 555.*

Οι εξισώσεις του κυκλώματος, είναι:

$$t_1 = 0.69\,(R_1 + R_2)C \tag{E25.1}$$

$$t_2 = 0.69\,R_2C \tag{E25.2}$$

Περίοδος:

$$T = t_1 + t_2 = 0.69\,(R_1 + 2R_2)C \tag{E25.3}$$

$$f_2 = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{\left(R_1 + 2R_2\right)C} \tag{E25.4}$$

E25.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Υπολογίστε γεννήτρια τετραγωνικών παλμών κατά το Σχ.Ε25.1, με t_1 = 0.7 ms και t_2 = 0.3 ms. Πάρτε C=100 nF.
2. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε.25.1 που υπολογίσατε προηγουμένως. Συνδέστε στην έξοδο του κυκλώματος CRO.
3. Με το ποτενσιόμετρο μηδενισμένο σχεδιάστε τις κυματομορφές στην έξοδο και στα άκρα του πυκνωτή C.
4. Καταγράψτε τους χρόνους t_1 και t_2.
5. Μετρήστε την περίοδο και τη συχνότητα της κυματομορφής εξόδου και καταγράψτε τα αποτελέσματα.
6. Μετρήστε τους χρόνους t_r και t_f του παλμού εξόδου.
7. Υπολογίστε, από τις τιμές του κυκλώματος, τους χρόνους t_1, t_2, T και τη συχνότητα ταλάντωσης f_0 και καταγράψτε τις τιμές τους.
8. Βάλτε το ποτενσιόμετρο στη μέση περίπου και επαναλάβετε τα βήματα 4 και 5.
9. Βάλτε το ποτενσιόμετρο στη μέγιστη τιμή του και επαναλάβετε τα βήματα 4 και 5.

E25.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 26η

ΔΙΕΓΕΡΤΗΣ SCHMITT ΜΕ ΤΟ 555

Ε26.1 Σκοπός

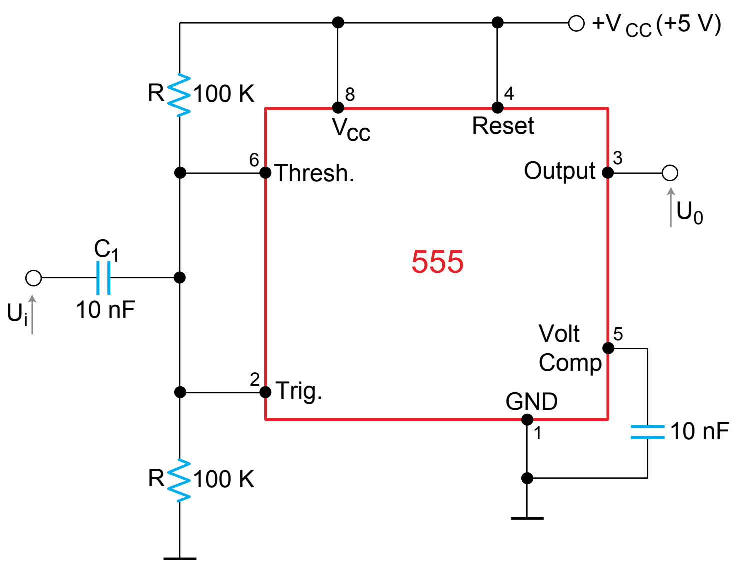
1. Η κατασκευή ενός διεγέρτη Schmitt με το 555.
2. Η μελέτη της τάσης εξόδου του.

Ε26.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.

Ε26.3 Θεωρητικό υπόβαθρο

Το κύκλωμα του Σχ.Ε26.1 δείχνει το χρονιστή 555 συνδεσμολογημένο ως διεγέρτη Schmitt. Το κύκλωμα αυτό μετατρέπει ένα ημιτονικό σήμα σε παλμό της ίδιας συχνότητας.



Σχ.Ε26.1. *Διεγέρτης Shmitt με το 555.*

Οι είσοδοι των συγκριτών, ακροδέκτες 2 και 6, συνδέονται μαζί και πολώνονται εξωτερικά στην τάση $V_{cc}/2$ μέσω δύο ίσων αντιστάσεων R. Επειδή ο συγκριτής threshold (κατωφλιού), ακροδέκτης 6, διεγείρεται στην τάση $2V_{cc}/3$, η πόλωση που δημιουργούν οι αντιστάσεις R, βρίσκεται στο μέσο των δυο κατωφλιών.

Όταν το κύκλωμα διεγερθεί από ημιτονικό σήμα κατάλληλου ύψους, ώστε να ξεπερνά τις στάθμες των κατωφλιών, έχουμε στην έξοδο τετραγωνικό παλμό (λόγω αλλαγής κατάστασης του flip-flop). Επειδή οι αντιστάσεις είναι ίδιες, δηλ. R, το 555 πολώνεται αυτόματα για τάσεις τροφοδοσίας από 5 έως 16 V.

Ε26.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του διεγέρτη Schmitt του Σχ.Ε26.1.
2. Διεγείρετε το κύκλωμα με ημιτονικό σήμα πλάτους 3 V p-p και συχνότητας 5 kHz.
3. Σχεδιάστε στο ειδικό χαρτί τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου.
4. Σημειώστε τις τάσεις για τις οποίες αλλάζει κατάσταση το κύκλωμα.
5. Μετρήστε το ύψος (πλάτος) και τη συχνότητα του σήματος εξόδου.
6. Μετρήστε τους χρόνους t_r και t_f.
7. Αλλάξτε την τάση τροφοδοσίας V_{cc} από 5 σε 10 V.
8. Επαναλάβετε τα βήματα 3 έως 6, αφού διεγείρετε το κύκλωμα με κατάλληλο ύψος παλμού και συχνότητα 100 kHz.

Ε26.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 27η

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΤΑΣΗΣ /ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (VCO)

Ε27.1 Σκοπός

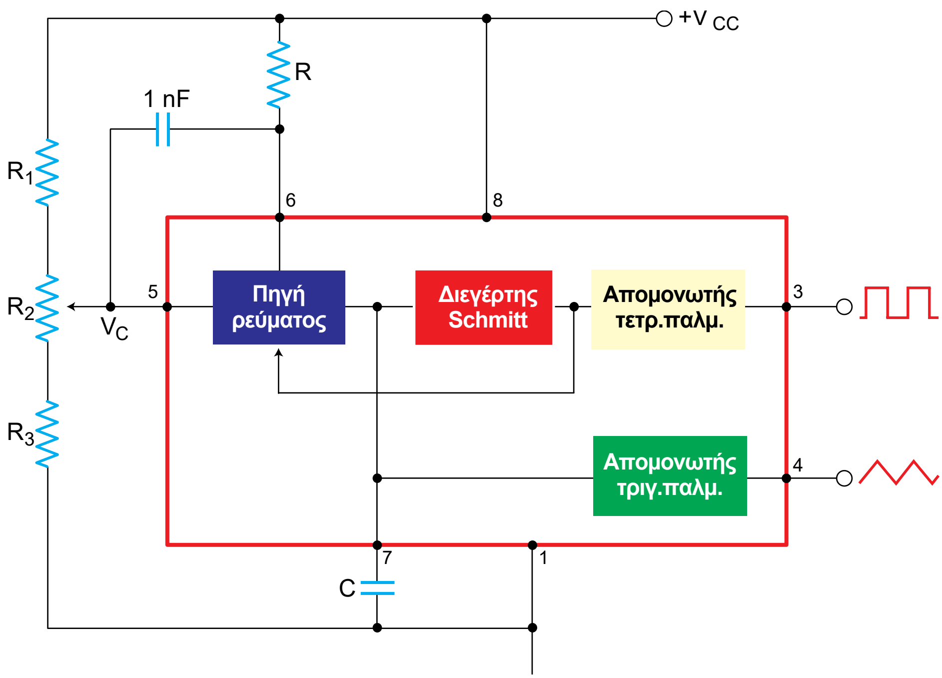
Η μελέτη ταλαντωτή ελεγχόμενου από τάση (VCO).

Ε27.2 Συσκευές

1. CRO διπλής δέσμης.

Ε27.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Σχ.Ε27.1 δείχνει το VCO 566 το οποίο κατασκευάζεται από αρκετές εταιρίες. Δίνει ταυτόχρονα τετραγωνικό και τριγωνικό παλμό.



Σχ.Ε27.1. *Ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση VCO 566.*

Αποτελείται από μια *πηγή σταθερού ρεύματος, δύο ενισχυτές απομόνωσης* (buffer), (ένα για τον τετραγωνικό και ένα για τον τριγωνικό παλμό) και ένα *διεγέρτη Schmitt*. Η συχνότητα εξόδου μπορεί να μεταβάλλεται σε δυναμική περιοχή 10:1 από την τάση ελέγχου V_C που εφαρμόζεται στην πηγή ρεύματος. Η τάση ελέγχου αυτή παρέχεται από το διαιρέτη τάσης R_1, R_2, R_3.

Προσεγγιστικά, η συχνότητα ως συνάρτηση της τάσης ελέγχου V_C, της αντίστασης ελέγχου R και του πυκνωτή C, δίνεται από τη σχέση:

$$f_0 = \frac{2\left(V_{CC} - V_C\right)}{CR\,V_{CC}} \qquad \text{(E27.1)}$$

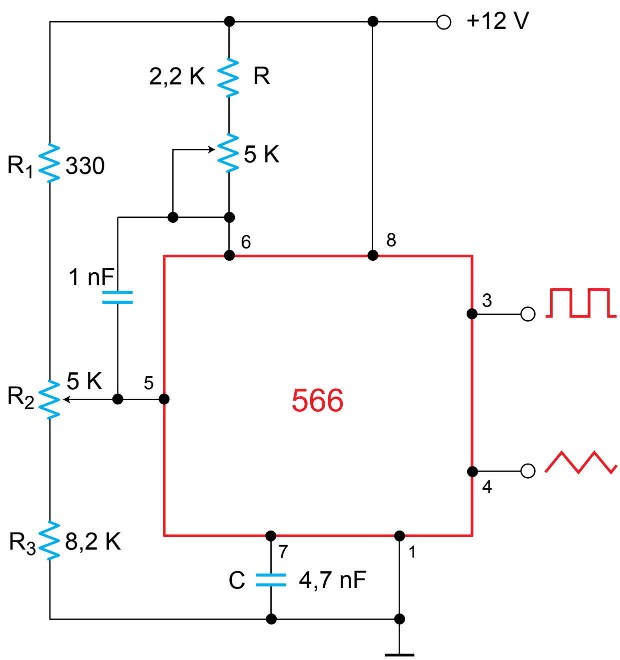
Η σχέση αυτή ισχύει με την προϋπόθεση ότι:

$$V_{CC} \geq V_C \geq 0.75V_{CC} \quad \text{και} \quad 2\ \text{k}\Omega < R < 20\ \text{k}\Omega$$

Δηλ. η τάση ελέγχου V_C δεν μπορεί να είναι μικρότερη από τα 3/4 (0.75) V_{CC} και μεγαλύτερη από V_{CC} Η τάση V_{CC} μπορεί να πάρει τιμές από 10 έως 24 V.

Ε27.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

1. Συνδεσμολογήστε το παρακάτω κύκλωμα.



Σχ.Ε27.2. *Ταλαντωτής VCO με το 566.*

2. Τοποθετήστε το ποτ. 5 kΩ της R σε τέτοια θέση ώστε στην έξοδο να πάρετε συχνότητα 10 kHz.
3. Στο ειδικό χαρτί σχεδιάστε τις κυματομορφές εξόδου (ακροδέκτες 3 και 4).
4. Μετρήστε την περίοδο και τη συχνότητα της τετραγωνικής κυματομορφής εξόδου.
5. Μετρήστε τους χρόνους t_r και t_f του τετραγωνικού παλμού εξόδου.
6. Τοποθετήστε το ποτ. R_2 στις δύο ακραίες θέσεις του και σχεδιάστε στο ειδικό χαρτί τις αντίστοιχες κυματομορφές εξόδου.
7. Μετρήστε και στις δυο πιο πάνω περιπτώσεις τη συχνότητα και την περίοδο του τετραγωνικού παλμού εξόδου.
8. Μετρήστε και στις δυο πιο πάνω περιπτώσεις τους χρόνους t_r και t_f.
9. Με τα ποτ. R_2 και R στις δυο ακραίες θέσεις τους υπολογίστε τη συχνότητα ταλάντωσης με βάση τα στοιχεία του κυκλώματος.

Ε27.5 Συμπεράσματα

Άσκηση 28η

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΤΕ ΚΑΙ BJT

Ε28.1 Σκοπός

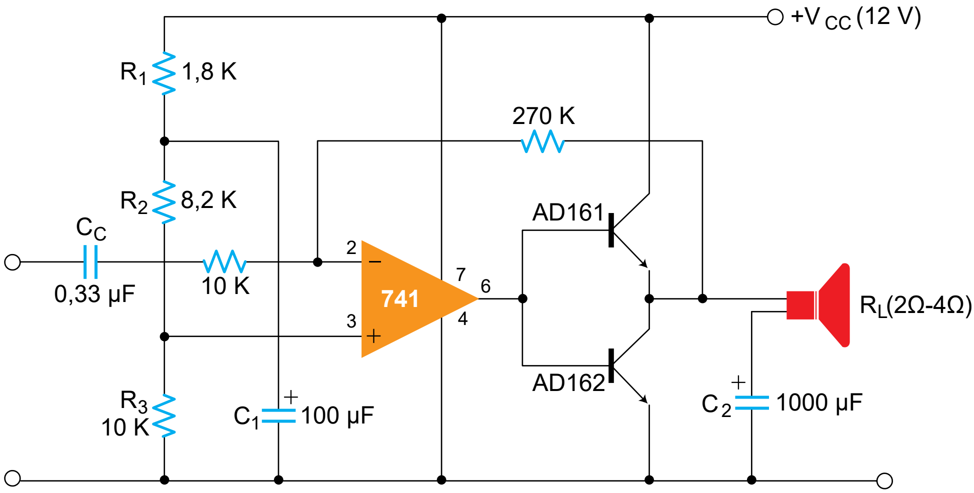
1. Η κατασκευή ενισχυτή ισχύος 3 Watt.
2. Η μελέτη του ενισχυτή.

Ε28.2 Συσκευές

1. Γεννήτρια Χ.Σ.
2. CRO διπλής δέσμης.
3. ΗΒ.

Ε28.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο τελικός σκοπός της ενίσχυσης ενός σήματος είναι να τροφοδοτήσει την τελική βαθμίδα που είναι ένα μεγάφωνο για τα συστήματα ήχου.
Οι ενισχυτές ισχύος ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο πόλωσης του τρανζίστορ: Ενισχυτές *τάξης Α*, *τάξης Β* και *τάξης C*. Μερικές φορές, ο ενισχυτής σχεδιάζεται να λειτουργεί σε κάποια ενδιάμεση τάξη μεταξύ Α και Β, η οποία και ονομάζεται *τάξη ΑΒ*. Το Σχ.Ε28.1 δείχνει έναν ενισχυτή ισχύος 3 W που αποτελείται από έναν ενισχυτή τάσης



Για κάθε τρανζίστορ να χρησιμοποιηθεί απαγωγέας θερμότητας 3x3 cm.

Σχ.Ε28.1. *Ενισχυτής ισχύος 3 W.*

με τον τελεστικό IC 741 και δυο τρανζίστορ συμπληρωματικής συμμετρίας σε τάξη ΑΒ. Τα τρανζίστορ εξόδου πρέπει να ταιριάζουν (να έχουν δηλαδή τις ίδιες χαρακτηριστικές) και να έχουν μεγάλο ρεύμα.

Ε28.4 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Συνδεσμολογήστε το κύκλωμα του Σχ.Ε28.1.
2. Μετρήστε την dc τάση στον ακροδέκτη 3 του 741 και σημειώστε την.
3. Στην έξοδο του ενισχυτή στα άκρα της θέσης του μεγαφώνου, συνδέστε CRO.
4. Στην ίδια έξοδο συνδέστε μεγάφωνο 4 Ω.
5. Διεγείρετε την είσοδο με τάση ac εισόδου συχνότητας 1 kHz και αυξήστε το πλάτος μέχρις ότου δείτε στον CRO ημιτονική μέγιστη τάση χωρίς παραμόρφωση και σημειώστε την.
6. Υπολογίστε την ισχύ στη συχνότητα αυτή χρησιμοποιώντας τη γνωστή σχέση $P = V^2 / R_L$.
7. Διεγείρετε τον ενισχυτή με τάση εισόδου πλάτους v_i=0.5 V συχνότητας 1 kHz, μετρήστε την αντίστοιχη τάση και σημειώστε την.
8. Μεταβάλετε τη συχνότητα της γεννήτριας πάνω και κάτω από τη συχνότητα του βήματος 7 και σημειώστε τις συχνότητες μισής ισχύος.
9. Βρείτε τη ζώνη διέλευσης του ενισχυτή και την ενίσχυσή του σε dB.
10. Διεγείρετε τον ενισχυτή με σήμα εισόδου σταθερού πλάτους v_i=0.5 V και πάρτε μετρήσεις για να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα.

f(Hz)	v_0(V)	v_0/v_i	A(dB)
10			
30			
50			
70			
100			
300			
500			
700			
1 K			
3 K			
5 K			
7 K			
10 K			
20 K			
30 K			

11. Αλλάξτε την αντίσταση 270 kΩ και κάντε την 120 kΩ. Επαναλάβετε το βήμα 10.

12. Στο ίδιο ημι-λογ χαρτί σχεδιάστε την καμπύλη απόκρισης των βημάτων 10 και 11.

Ε28.5 Συμπεράσματα

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0314
ISBN Set 978-960-06-3138-8
Τ.Β΄ 978-960-06-3144-9

ΙΤΥΕ
ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ
ινστιτούτο τεχνολογίας
υπολογιστών & εκδόσεων

(01) 000000 0 24 0314 4